INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Ministério da Educação
BRASIL UM PAÍS DE TODOS GOVERNO FEDERAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MODALIDADE PROFISSIONAL

INSERÇÃO DO MODAL METRO-FERROVIÁRIO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTES NA CIDADE DE MACAÉ-RJ – AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

DIEGO TUDESCO MOREIRA ROCHA

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2011

DIEGO TUDESCO MOREIRA ROCHA

INSERÇÃO DO MODAL METRO-FERROVIÁRIO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTES NA CIDADE DE MACAÉ-RJ – AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na linha Promoção da Sustentabilidade Regional, área de atuação Estratégias Locais para o Desenvolvimento Regional: diagnósticos e proposições.

Orientação: DSc. Cristine Nunes Ferreira

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2011

Dissertação intitulada Inserção do Modal Metro-Ferroviário e Implantação do Sistema Integrado de Transportes na Cidade de Macaé-RJ – Avaliação Comparativa de Poluentes Atmosféricos, elaborada por Diego Tudesco Moreira Rocha e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, na linha Promoção da Sustentabilidade Regional, área de atuação Estratégias Locais para o Desenvolvimento Regional: diagnósticos e proposições, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em ______________________________________

Banca Examinadora:

____

Prof.ª Cristine Nunes Ferreira, Doutorado em Física. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Orientadora

____

Prof.ª Regina Coeli Martins Paes Aquino, Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

____

Prof.ª Teresa de Jesus Peixoto Faria, Doutorado em Études Urbaines. École des Hautes Études en Sciences Sociales - EHESS, França / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que pensam o dinamismo ao invés do estatismo, integrando a inovação e modernizando seus próprios conceitos continuamente; convergindo a um mundo sustentável para nossas crianças e as que estão por vir.

AGRADECIMENTOS

Aos meus avôs, Jorge Rocha e José Moreira de Souza, funcionários da RFFSA (in memoriam).
A Lauro Martins, pelo acolhimento quando de sua gestão na diretoria da AAPEFRFFSA.
A José Pacheco e Ney Almeida, pelo companheirismo e dedicação na Comissão Macaé Ferrovia.
A Venício Oliveira e aos membros do Movimento Ferrovia Viva, pelo apoio.
A Paloma Antunes e Carlos José, pela ajuda durante as pesquisas históricas.
A Prof.ª Dalila Mello e a Alda Rodrigues, pelo incentivo desde sempre.
A Prof.ª Maria Inês e ao Prof. José Augusto, pelas discussões e esclarecimentos construtivos.
A Prof.ª e Orientadora Cristine Nunes Ferreira, pelo empenho e auxílio.
A Prof.ª Regina Coeli Martins Paes Aquino e a Prof.ª Teresa de Jesus Peixoto Faria, por integrarem a banca de avaliação.
A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho.
A meus pais.
Agradeço pela vida, todos os dias.

"(...) Eu prefiro ser
Essa metamorfose ambulante
Do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo (...)".
(Raul Seixas)

Resumo da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental (MSc.)

INSERÇÃO DO MODAL METRO-FERROVIÁRIO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTES NA CIDADE DE MACAÉ-RJ – AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

DIEGO TUDESCO MOREIRA ROCHA

2011

Orientadora: Cristine Nunes Ferreira DSc.

Linha de pesquisa: Promoção da Sustentabilidade Regional; área de atuação Estratégias Locais para o Desenvolvimento Regional: diagnósticos e proposições.

Os impactos sentidos pela sociedade são significativos, quando se observa os sistemas de transportes adotados nas vias urbanas e as modificações na qualidade do ar, as quais têm a contribuição significativa dos poluentes emitidos por fontes móveis. O presente trabalho revela a importância de se conhecer o quantitativo de poluentes atmosféricos emitidos pelo processo de combustão de motores automotivos e ferroviários. Este também propõe que se faça uma mudança de paradigma com relação às preferências no transporte urbano. A complexidade de tal proposta envolve os costumes de uma sociedade. Porém, conseguir mostrar os benefícios de uma menor emissão de poluentes para a atmosfera a curto, médio e longo prazos, além de uma ampla divulgação, pode fazer com que as pessoas comecem a pensar sobre sua própria saúde, tanto motora quanto pulmonar, e, dessa forma, contribuir para a sustentabilidade atmosférica, humana e ambiental. As pesquisas se embasaram em veículos populares, pois são os mais vendidos do país; e em veículos ferroviários do tipo VLT, que, além de populares, são acessíveis às iniciativas pública e privada.

Palavras-chave: Poluentes atmosféricos, Transportes, Paradigma.

Abstract of dissertation presented to Program of Masters Degree in Environmental Engineering of Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense as a partial of the requirements for the degree of Master title in Environmental Engineering (MSc.)

RAILWAY INSERTION AND INTEGRATED TRANSPORTATION SYSTEM IMPLANTATION IN MACAÉ-RJ – COMPARATIVE EVALUATION OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS

DIEGO TUDESCO MOREIRA ROCHA

2011

Advisor: Cristine Nunes Ferreira DSc.

Research line: Regional Sustainability Promotion; action area on Local Strategies for Regional Development: diagnosis and propositions.

Impacts feeled by community are significants when transportation systems adopted on urban ways and modifications on air quality are observed. Those modifications have significant contribution of emited pollutants by mobile fonts. This dissertation reveal the importance of take cognizance of atmospheric pollutants amount emited by combustion process of road and rail engines. This study propose to make a change of conception related to urban transportation preferences. Complexity of the proposal involves community customs. However, get to show benefits of minor pollutants emission to the atmosphere on short, average and long time, beyond a big divulgation, that can make people begin to think about your locomotion and lung health, and, then, contribute to atmospheric, human and environmental sustainability. Researchs are according to popular vehicles, which are the most saled in Brazil; and light rail vehicles, also popular, are accessibles to public and private enterprise.

Keywords: Atmospheric Pollutants, Transportation, Conception.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos

CCO - Centro de Controle Operacional

CENTRAL - Companhia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística

CFC - Cloro-flúor-carbono

CH_4 - Metano

CLT - Consolidação das Leis Trabalhistas

CMF - Comissão Macaé Ferrovia

CO - Monóxido de Carbono

CO_2 - Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CREA-RJ - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio de Janeiro

DETRAN-RJ - Departamento de Trânsito do Estado do Rio de Janeiro

EFL - Estrada de Ferro Leopoldina

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ELR - Teste Europeu de Resposta de Carga

EOBD - Diagnóstico Europeu a Bordo

ESC - Ciclo Europeu em Regime Constante

EURO - Norma européia reguladora de emissões veiculares

FCA - Ferrovia Centro Atlântica

GPS - Sistema de Posicionamento Global

HC - Hidrocarbonetos

HCO - Aldeídos

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MP - Material Particulado

NBR - Norma Técnica Brasileira

NMHC - Hidrocarbonetos não metano

NO_X - Óxidos de Nitrogênio

PMM - Prefeitura Municipal de Macaé

PROCONVE - Programa de Controle de Emissões Veiculares

RFFSA - Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

RIMA - Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

SEMOB - Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana

SENAI - Serviço Nacional da Indústria

SIT - Sistema Integrado de Transportes

SR-2 - Superintendência Regional 2

SR-3 - Superintendência Regional 3

SR-8 - Superintendência Regional 8

SST - Sistema de Segurança Total

VLT - Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Integrado de Transportes (SIT), no âmbito do perímetro urbano, é composto por mais de um tipo de modal público. Podem coexistir os modais rodoviário, ferroviário, cicloviário, hidroviário, aeroviário, dentre outros. Em operação, este proporciona aos passageiros a escolha mais conveniente e rápida ao seu deslocamento (RODRIGUES, 2005). Para que este seja implantado com eficiência na cidade de Macaé, é necessário que se tenha outro modal além do rodoviário, único existente, no momento, em operação. A proposta do presente trabalho está na inserção do modal ferroviário para transporte coletivo. Sua escolha se deve ao fato deste tipo de modal emitir uma menor carga de poluentes atmosféricos. A segurança viária e a saúde das pessoas são as razões que estimulam tal implantação, principalmente quando se trata da saúde relacionada à qualidade do ar que se respira.

A malha ferroviária é uma alternativa viável, já que a infra e a meso-estruturas já estão consolidadas na cidade, na qual funcionou, até o final do século XX, um dos pólos de trabalho da Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA).

A RFFSA foi uma empresa estatal brasileira de transporte ferroviário, que cobriu boa parte do território nacional. Uma de suas integrantes, a Estrada de Ferro Leopoldina (EFL), foi uma das primeiras ferrovias implantadas no atual Estado de Minas Gerais (SR-2) e em parte do Estado do Rio de Janeiro (SR-3), região Sudeste do Brasil, integrando a RFFSA. A ferrovia macaense faz parte do patrimônio histórico municipal (SR-8), sendo consolidada pela Rede Ferroviária Federal como parte constituinte da Estrada de Ferro Leopoldina. Sua importância histórica, econômica e cultural, além de sua valoração para o município de Macaé, é inquestionável (FONSECA, 1996).

Atualmente concedidas, as linhas da antiga EFL estão sob responsabilidade da Ferrovia Centro Atlântica (FCA), mas apenas uma pequena fração das linhas originais ainda opera. Um dos trechos de linha inoperantes cruza a cidade de Macaé, sendo esta última de estrutura linear (MASCARÓ e YOSHINAGA, 2005).

A ferrovia constitui ponto chave no transporte de passageiros no meio urbano, pois abrange boa parte dos bairros e localidades. O Plano Diretor do município de Macaé, no capítulo IV, seção IV, tópico VII do Artigo 96 estabelece a promoção de estudos técnicos com a finalidade de otimizar o transporte público através de veículos leves sobre trilhos na área urbana consolidada.

Hoje, uma das premissas em pauta na municipalidade é a melhoria da mobilidade urbana. A linha férrea, atualmente inoperante, é uma das soluções propostas para essa finalidade. A geração de empregos diretos - setores de Operação, Administração e Advocacia, por exemplo - é um benefício que também fortalece as micro e pequenas empresas do setor de Serviços através de empregos indiretos. A escolha de modais públicos menos poluentes implica em substituição aos modais

individuais a base de combustível fóssil, priorizando os modais ferroviário, marítimo, fluvial e cicloviário (ASSIS, 2001).

A questão da deficiente atenção ao planejamento urbano, ao longo do tempo, comprometeu, além de toda a cidade, suas vias de tráfego, em particular. Vale lembrar que o Plano Diretor municipal em vigência foi aprovado no ano de 2006 (PMM, 2009). Também importa considerar que, após 1978, com a implantação de uma das unidades da Petrobras no município, houve um aumento populacional; e, conseqüentemente, um aumento da densidade demográfica na área urbana. O Censo Populacional 2010 do IBGE determinou, para Macaé, 206.728 habitantes e 169,89 hab./km^2. Comparando com a década de 1960, a população praticamente quadruplicou devido a sextuplicação da densidade demográfica urbana.

O objetivo proposto neste trabalho é o estudo e avaliação do benefício gerado pela implantação do modal de transporte coletivo urbano metro-ferroviário VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) e do Sistema Integrado de Transportes para contribuir na redução de emissões de poluentes atmosféricos e na melhoria progressiva da circulação (mobilidade urbana, de acordo com o Plano Diretor municipal). A redução na carga de emissões de poluentes atmosféricos gerada pelo transporte individual automotivo é a abordagem principal; considerando previamente que serão elaborados cenários onde os usuários do transporte ferroviário aderem ao modal em detrimento de seus automóveis, nos quais a melhoria da mobilidade urbana e da qualidade do ar é o principal motivo que acarreta tal mudança de preferência.

O incentivo a programas de uso do transporte coletivo por órgão municipal competente é fundamental para contribuir com a diminuição da emissão de poluentes, como CO, CO_2, material particulado, etc.; contribuindo com a melhora da qualidade do ar inspirado e da mobilidade. A mudança de paradigma com relação às preferências de transporte urbano precisa ser trabalhada pelos órgãos públicos competentes, a fim de se ter a tão almejada fluidez na mobilidade urbana. O planejamento urbano é ferramenta fundamental para diagnosticar as condições de trânsito atuais e dimensionar preventivamente as futuras. Um dos pontos positivos que podem ser gerados com esta mudança está na possível melhora do Brasil no *ranking* de países com maior número de óbitos em acidentes de trânsito, chegando a ocupar a 8ª colocação, registradas aproximadamente 38 mil mortes (NETO, 2010).

Desse modo, o principal objetivo deste trabalho é estabelecer a análise de como os poluentes atmosféricos interferem na perda da qualidade de vida e na saúde humana. Além disso, os objetivos específicos são:

- Informar sobre o histórico ferroviário de Macaé e região;
- Analisar a situação ferroviária atual e a viabilidade de um projeto-piloto;

- Calcular e cruzar dados sobre poluentes atmosféricos emitidos;
- Analisar os benefícios do transporte público ao ambiente e a sociedade;
- Propor novas tecnologias para a evolução da operação ferroviária.

A primeira parte é subdividida em três temas: o primeiro tema reúne uma gama de informações a respeito da ferrovia em diversas esferas jurisdicionais – federal, estadual, municipal. O segundo tema é o estudo preliminar de um paradigma social, envolvendo transporte individual e transporte coletivo. O terceiro tema relata a problemática das emissões de poluentes atmosféricos e o desequilíbrio no efeito estufa. A segunda parte abrange o atual cenário da ferrovia em Macaé e algumas proposições (projeto-piloto) para a utilização efetiva da mesma. Realiza-se o levantamento de dados com auxílio das normas CONAMA/PROCONVE e EURO 3; além dos fornecidos pelo IBAMA e pela CBTU. Nesta, ocorre o cruzamento dos dados que envolvem poluentes atmosféricos e são analisados os benefícios sociais da revitalização ferroviária e tentativa de ordenação e inovação no trânsito através do SIT; e os ambientais, em diferentes cenários que quantificam a contribuição na redução da emissão de gases poluentes por parte da progressiva não utilização de automotores individuais por parte dos usuários de transportes, além de comparativos. Cada cenário aborda uma determinada captação de usuários automotivos, abrangendo da máxima a mínima capacidade dos VLTs operacionais. A terceira parte encerra com a discussão pautada no estudo comparativo entre as emissões do automóvel e do VLT; e conclusão, além de sugestões de trabalhos que podem se suceder.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Breve Histórico sobre os Transportes Ferroviário e Rodoviário no Brasil

A malha ferroviária brasileira tem aproximadamente 29.706 quilômetros distribuídos de forma heterogênea, sendo que destes, 1.121 são eletrificados. Está presente em 22 (incluso o Distrito Federal) das 26 unidades federativas, divididos em 4 tipos de bitolas, além de bitolas de 0,600m e 0,762m em trechos turísticos:

- Larga (irlandesa) - 1,600m: 4,057 km;
- Internacional -1,435m: 202,4 km;
- Métrica - 1,000m: 23,489 km (incluso a cidade em estudo);
- Mista - 1,600/1,000m: 336 km.

A construção chegou à extensão de 34.207 quilômetros, porém crises econômicas e a falta de investimentos em modernização fizeram com que parte da rede fosse erradicada (BRINA, 1979). A expansão do transporte rodoviário a partir de 1950, estimulada por grandes montadoras internacionais, foi a principal responsável por tal desinteresse. Na referida década, ocorreu a consolidação do “rodoviarismo” no Brasil (FONSECA, 1996; OLIVEIRA, 1986).

A implantação das primeiras ferrovias no país também foi estimulada por capitais privados, nacionais e estrangeiros (principalmente o inglês), que almejavam um meio de transporte capaz de levar aos crescentes centros urbanos e portos do país toda a produção agrícola e de minério produzida principalmente no interior do Brasil, de forma segura e econômica. O governo federal também participou da expansão ferroviária, ora iniciando empreendimentos visando a integração do território nacional através desse meio de transporte, ora encampando companhias privadas falidas para impedir o colapso econômico de regiões dependentes desse meio de transporte, como se observa na tabela 1.

Tabela 1 – Principais fatos ferroviários regionais e nacionais

30/04/1854	Inaugurada a Estrada de Ferro Mauá, interligando o Porto de Estrela, no Rio de Janeiro, a localidade de Raiz da Serra, em Petrópolis, sendo esta a primeira ferrovia brasileira.
06/12/1897	Criada a *The Leopoldina Railway Company Limited*.
20/12/1950	A *The Leopoldina Railway Company Limited* é encampada pelo Governo, passando a chamar-se E.F. Leopoldina.
30/09/1957	Criada a RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A.
Ano de 1964	Erradicação de vários ramais.
27/12/1984	Criação da CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos (dados fornecidos pela Associação Biológica de Preservação Ferroviária – Regional Rio de Janeiro).

Fonte: FONSECA, 1996; DNIT, 2010.

2.2. Transportes em Macaé e Região

Os meios de transporte são fundamentais para a dinâmica econômica, pois a entrada e saída de mercadorias é de suma importância para os produtores e os consumidores. Com o avanço da tecnologia ao longo do tempo, os transportes unem serra, planície, litoral, etc., interligando diversos locais. Estes são responsáveis diretos pelo desenvolvimento das cidades, seja de forma desordenada, seja de forma sustentável (KNAUSS, 2001). Um dos melhores indicadores para saber como se processa o crescimento econômico é a organização dos sistemas públicos de transporte de passageiros. Se houver uma satisfação significativa por parte dos usuários, então pode-se dizer que o processo está sendo conduzido de forma sustentável, na análise econômica (SABOIA, 1998). A medida que outros problemas surgem, então essa análise precisa ser estendida a outros fatores, como o social e o ambiental, por exemplo.

As vias de Macaé foram e continuam sendo percorridas por uma grande diversidade de meios de transporte. Cita-se, entre eles, as pirogas, caravelas, vapores fluviais, navios negreiros, equinos, bondes, locomotivas, catamarãs, carroças, bicicletas, petroleiros, carros, trens de alta velocidade e aviões. Alguns destes já não operam, e, outros mais recentes dominam o cenário municipal, apesar de se observar a presença dos tradicionais, dos quais alguns resistem e outros adquiriram versões modernas. Um exemplo da diversidade citada está no trecho que segue:

> Até a inauguração das primeiras linhas férreas, no final do século XIX, foram os transportes por mares, rios e lagoas que garantiram a pulsação da vida econômica de Macaé. Antes disso, os tropeiros e as carroças eram os únicos meios que asseguravam a ligação por terra entre as diferentes áreas da região. Desde o século XVI, a enseada de Imbetiba viu ancorar em seu porto natural, embarcações carregadas das mais variadas riquezas: açúcar, madeira, café e, sobretudo, escravos para abastecer as plantações de todo norte da região fluminense e das Minas Gerais. No século XIX, vapores, como o Visconde, navegavam pelas águas dos rios Paraíba e Macaé e do famoso canal que encurtava as distâncias entre os campos goitacazes e o porto de escoamento de mercadorias para a Corte e de lá para mercados estrangeiros (KNAUSS, 2001, p.58).

A diversidade também se caracterizava pela multimodalidade, pois a Estrada de Ferro Macahé e Campos promoveu a construção das antigas docas e ancoradouros do porto de Imbetiba, atualmente ocupados pelo terminal de apoio às atividades marítimas ligadas ao petróleo. A empresa, em 9 de janeiro de 1872, remeteu o ofício abaixo, transcrito literalmente:

> "A Sereníssima Princesa Dona Isabel, Regente do Império – Senhora: Os Empresários da Estrada de Ferro Macahé e Campos, precisando para o serviço da mencionada companhia, de um ancoradouro seguro para seus vapores, embarque e desembarque de mercadorias e passageiros, fizeram necessários estudos na enseada de Imbetiba, ao lado Sul da Barra de Macaé, e por eles reconheceram a possibilidade de ali se fazer as obras que forem necessárias e convenientes àquele fim; e se propõem os Suplicantes a construir docas na referida enseada, logo que sejam reclamadas pelo aumento do Comércio e pelo Alfandegamento do Porto para o que apresentarão, no tempo em que lhes for marcado, os respectivos planos; enquanto, porém, não a realizam em fatos, os Suplicantes vêm respeitosamente, requerer a Vossa Alteza Imperial autorização para construir todas as obras na dita enseada de Imbetiba, que lhes parecer conveniente à boa ordem e segurança do serviço a que se obrigou a Companhia Macahé e Campos pela linha complementar de navegação daquele porto a esta Corte, na forma do contrato celebrado com o Governo Provincial e segundo os Estatutos aprovados pelo Governo Imperial por Decreto nº 4830 de 18 de outubro de 1871, obrigando-se os Suplicantes às condições do Decreto nº 1748, de 13 de outubro de 1869 e a todos mais que Vossa Alteza Imperial, em sua sabedoria, julgar conveniente ou necessário e assim também a solicitar desde já o aforamento dos terrenos de marinhas. E sendo essa concessão indispensável à boa execução da empresa – de iniciativa individual e sem ônus para o Estado – a fim de ligar a linha da estrada de ferro à complementar de navegação, favorecendo a produção com transporte rápido, seguro e fretes baratos, aguardam os Suplicantes da indefectível justiça de V.A.I. favorável deferimento. – E.R. Moê – Rio de Janeiro, 9 de janeiro de 1872" (PARADA, 1995, p.274).

No século XIX, já havia em Macaé a implantação multimodal de transportes, na qual eram deslocadas mercadorias de diversos gêneros, além do atendimento a passageiros. Tal integração é um fator fundamental para a sustentabilidade dos sistemas de transportes (RODRIGUE, 2006).

2.2.1. Primeiras Mudanças na Matriz de Transportes

Controverso ao quadro de multimodalidade nos transportes, apresentado no ano de 1872, a cidade apresenta um retrocesso no final do século XIX, quando da inserção de empresas estrangeiras no mercado de transportes nacional. O trecho a seguir relata tal fato:

> A chegada da maria-fumaça, no final dos oitocentos, anuncia o início da fase áurea dos meios de transporte de terra em detrimento dos transportes de água. O trem representou uma concorrência para as embarcações. O poder dos capitais ingleses da *Leopoldina Railway* submeteu os meios de transporte por água. A empresa inglesa que era dona da linha de Niterói a Macaé, depois de comprar, em 1898, a Estrada de Ferro Macaé-Campos, unificou definitivamente por trilhos Niterói a Campos, passando a controlar o movimento das pessoas e das mercadorias. O abandono do canal hidroviário Macaé-Campos, que caiu em desuso depois de apenas três anos de inaugurado, bem como a desativação da Alfândega do porto de Imbetiba, ocorridos no início do século XX, são sinais da hegemonia econômica do trem (KNAUSS, 2001, p.58).

Apesar da estrutura trazida pela *Leopoldina Railway*, a qual incluía locomotivas e luxuosos vagões de passageiros, o reflexo desta era a ausência de um planejamento local dos transportes por parte da gestão pública, que se concretizou nas últimas décadas como exemplifica a ferrovia, transportando apenas cargas, esporadicamente (KNAUSS, 2001; LÔBO JÚNIOR, 1990; FONSECA, 1996).

2.2.2. Temporalidade dos Modais e suas Caracterizações

Recordações sobre o passado macaense remetem aos bondes. Este modal a tração animal circulava atrelado a uma parelha de burros, atravessando a cidade, desde o rio Macaé até o mar, na Imbetiba. Neste bairro, a cocheira se localizava em um terreno ao lado do Cemitério Público.

Sobre os bondes, segue o histórico, desde sua fundação, até o encerramento de sua operação:

> Na cidade, o transporte urbano no século XIX foi marcado pela presença de bondes de tração animal. Os mais antigos contam e outros já escrevem algo sobre os mesmos. Desde um de seus pontos iniciais, na hoje inexistente Estação da Parada, situada no fim da Rua Conde de Araruama junto aos trilhos da Leopoldina, até o ponto final, na Imbetiba.
>
> O decreto provincial de 29 de setembro de 1871 autorizou o estabelecimento de carris de ferro com tração animalada no município. A concessão de privilégio exclusivo foi dada pela Câmara Municipal à empresa denominada Ferro Carril de Macaé, pertencente aos acionistas Engº. Januário Cândido de Oliveira e Manoel Fernandes da Silva Campos, o Barão da Póvoa de Varzim, que implantaram as bases do transporte ferroviário de Macaé. Em 29 de junho de 1872 a linha de bondes puxada a burros é inaugurada com trilhos que iam da base do morro de Santana (final da Rua do Colégio) até a Praia do Forte (enseada da Concha), onde a companhia inaugurou uma ponte para atracação de navios.
>
> No ano seguinte, o engenheiro Januário Cândido de Oliveira afasta-se da direção e Manuel Fernandes da Silva Campos, juntamente com dom Manoel Jozé Nogueira e comendador Antônio Francisco da Costa Cabral, assume a direção da companhia. Essa mudança de direção provocou uma série de atritos legais com a Câmara Municipal que considerava já ter caducado o privilégio concedido ao engenheiro Januário.
>
> Em meio a essa polêmica, entra em atividade em Macaé uma nova empresa de transporte: a Companhia Ferro Carril de Macaé e Imbetiba, do Tenente-Coronel Luiz Gomes Amado de Aguiar.
>
> Pelo contrato feito entre a Companhia Ferro Carril de Macaé e Imbetiba e o governo da Província do Rio de Janeiro, em 14 de agosto de 1876, a Companhia teria o privilégio para explorar a linha (Aroeira-Imbetiba) durante trinta anos. Findo este prazo, a Ferro Carril, estações, dependências e todo material rodante passariam a pertencer à Câmara Municipal que nomearia pessoa habilitada para fiscalizar a execução do serviço. Assim, em 1907, a Câmara Municipal tomou para si o encargo de organizar e explorar o serviço de bondes de tração animal.
>
> Contudo, este tipo de transporte ferroviário urbano era muito criticado pela comunidade. Representantes da população na própria Câmara frequentemente manifestavam a indignação popular com o atendimento oferecido. O que constava do relatório da Câmara Municipal, de 1897, é que esse tipo de serviço, durante os vinte primeiros anos de sua implantação, pouco havia melhorado, não satisfazendo às necessidades do público.

> O material rodante com pequenas modificações, ainda era o primitivo da inauguração, com exceção de um pequeno carro e de outro para o serviço funerário. Os trilhos ainda eram os mesmos e não tinham desvios de saída e entrada; era comum acontecer o encontro de dois veículos e um só trilho: um deles tinha que recuar, obrigando os passageiros a esperarem muito.
>
> Deste modo insuficiente, sem atender à crescente necessidade, principalmente nas ocasiões de festa populares, quando o afluxo de passageiros era maior (para não falar da sujeira provocada pelo excremento dos animais na via pública), a linha de bondes, mesmo depois de passar para a responsabilidade da Câmara, continuou na mesma situação, não conseguindo manter horários e provocando os mesmos transtornos.
>
> Ainda que os bondinhos puxados a burros tivessem sido a marca de um período nostálgico de Macaé, chegando a ser considerada a mais tradicional da cidade, os serviços cheios de inconvenientes para a população foram extintos em 1930. Durante cerca de sessenta anos, Macaé dispôs de um serviço de transporte urbano sob trilhos. Ficou famoso um dos condutores dos bondes, o velho Leopoldino, que, além de muitas vezes fazer a crédito o transporte de conhecidos, não raro parava o bonde, já ocupado, à porta de um maioral qualquer, esperando que fizesse ele a '*toilette*' para que o veículo prosseguisse na sua trajetória (PARADA, 1995; KNAUSS, 2001; LÔBO JÚNIOR, 1990).

O trajeto dos bondes, pela planta geral executada pelo Serviço de Malária do Estado do Rio em 1925, iniciava no final da Rua Dr. Télio Barreto (antiga Rua Conselheiro Dantas), perto da bifurcação das linhas férreas da *Leopoldina*, sentido Campos e sentido Glicério. Seguia até a Praça Washington Luís, dobrando à direita até a esquina da Rua Tenente Coronel Amado, continuando pela mesma até a esquina da Avenida Rui Barbosa. Rumava para a Praça Veríssimo de Mello (antiga Praça 15 de Novembro) até a esquina da Rua do Sacramento, seguindo até a Praia da Imbetiba, percorrendo-a e terminando na entrada das Oficinas da *Leopoldina* (trajeto em vermelho da figura 1).

A linha troncal, descrita acima, ainda tinha alguns ramais (trajetos em azul da figura 1). Percorrendo a Avenida Rui Barbosa, ao chegar na esquina da Praça Veríssimo de Mello, um ramal passava em frente a Igreja São João Batista, chegando na Avenida Presidente Sodré. Percorrendo-a, desde o Mercado até o Ypiranga Futebol Clube, quando retornava para a Avenida Rui Barbosa. O atendimento aos passageiros da *Leopoldina* era executado por um ramal que ligava a Estação à linha tronco, paralelo a via férrea até a Rua Conde de Araruama, onde seguia até a Rua Alfredo Backer, finalizando na Rua Dr. Télio Barreto.

Figura 1 – Reconstituição dos trajetos dos bondes (GOOGLE MAPS, 2011)

Os horários de circulação, em 1908, eram os seguintes:

- Partindo do terminal na Rua Dr. Télio Barreto, o primeiro bonde saía as 5h55min., e, o último as 21h30min., num total de 11 horários.

- Partindo da entrada das Oficinas da *Leopoldina*, o primeiro saía as 6h40min., e, o último as 22h., num total de 13 horários.

O Percurso durava de 20 a 25 minutos. Havia ainda os horários especiais, os quais atendiam os passageiros da *Leopoldina*. O primeiro, as 11h45 min., atendia o trem expresso proveniente de Niterói, partindo para o terminal da Rua Dr. Télio Barreto as 12h. O segundo, as 13h10min., atendia o proveniente de Campos, partindo para o terminal as 13h30min. O preço do bilhete era de 200 réis na linha tronco e de 100 réis (o tostão) nos ramais. Para os funcionários das Oficinas da *Leopoldina* existia um desconto na compra dos bilhetes.

O encerramento da operação dos bondes iniciou no ano de 1925, quando o Prefeito Sizenando Fernandes de Souza ordenou o deslocamento de parte da linha troncal para a Rua da Liberdade (Rua da Praia), pretendendo executar o serviço de asfaltagem da Avenida Rui Barbosa para o tráfego de auto-ônibus (PARADA, 1995).

Além dos bondes, no início do século XX os modais de transporte em Macaé se diversificavam com carroças, charretes e bicicletas. No final da década de 20 e início da década de 30, trens, navios, caminhões, ônibus, aviões e o tradicional “fordeco” ocupavam o cenário municipal. O primeiro campo de aviação se localizava na Barra, passando, em 1957, para outro próximo ao aterrado do Imburo, afastado da cidade e com maior segurança para pousos de decolagens de aeronaves de maior porte. A Infraero modernizou o campo, hoje aeroporto em franca expansão. Findo o transporte realizado pelos bondes, em 1930, iniciou o serviço dos auto-ônibus, com a linha Aroeira-Imbetiba. Este teve uma paralização decorrente de motivos próprios e o serviço só foi retomando na década de 60 pela empresa Gaturamo. Com veículos ultrapassados, provenientes de empresas do Rio de Janeiro, sua operação não cumpria horários.

O estímulo a este modal na região se deu no ano de 1941, com a inauguração da RJ 5 (atual RJ 106 - rodovia Amaral Peixoto), em terra batida. Durante as últimas décadas, a malha rodoviária tornou-se a principal interligação regional. A semelhança ao traçado ferroviário é comum, muitas das vezes. Segue abaixo a descrição da malha:

> Corta Macaé uma única rodovia federal: a BR 101; sob a jurisdição estadual temos as seguintes rodovias: RJ 106 (Campos/Niterói), RJ 178 (Macaé/Carapebus), RJ 168 (Macaé/Frade/Tapera), RJ 75 (Carapebus/Quissamã), RJ 162 (Atalaia/Rio Dourado), RJ 182 (Macaé-BR 101/Conceição de Macabu) e RJ 25 (Macaé-Parque Aeroporto/Imburo). As rodovias municipais ligam a sede aos Distritos e algumas localidades do interior, sendo esses ramais muito extensos, mas ainda deficitários, principalmente no que diz respeito à manutenção que em alguns casos é inexistente. Há locais em que a tarefa de consertar as estradas fica mesmo por conta dos proprietários de terra da região, sem o que ficariam intrafegáveis, principalmente nos períodos de chuva. As principais rodovias municipais são: MC 116 (Frade-Sana), MC 109 (Barra de Sana/Sana), MC 110 (Barra do Sana/Casimiro de Abreu), MC 103, MC 104 e MC 101 (na região de Cachoeiros), MC 99 (Glicério/Duas Barras), MC 95 e MC 96 (Glicério/Trajano de Moraes), MC 92 (Glicério/Serra da Cruz), MC 97 (Córrego do Ouro/Serra da Pedra Branca), MC 81 (Macaé/Laranjeiras), MC 85 (Macaé/Virgem Santa/São Bento), MC 01 (Parque Aeroporto/Rio Aduelas-Conceição de Macabu, tendo a RJ 25 como parte do seu leito), MC 30 (Cabiúnas/Ubás), MC 23 (praia de Carapebus/Mata Fresca), MC 42 (Carapebus/Trevo para Conceição de Macabu), MC 44 (Carapebus/Rodagem/Quissamã), MC 62 (Rodagem/Boa Sorte/praia de Carapebus) e MC 02, que liga a praia do Barreto a lagoa Paulista (LOBO JÚNIOR, 1990, p.47).

Pouco menos impactante, como o rodoviário, o modal cicloviário era comum a todos na década de 60, quando praticamente todas as famílias macaenses possuíam pelo menos uma bicicleta. A saída dos ferroviários da *Leopoldina* e dos estudantes do SENAI (público) era acompanhada pelos moradores na Avenida Agenor Caldas, onde a quantidade de bicicletas trafegando juntas era significativa. Em toda a cidade, o uso de bicicletas para trabalho e lazer era comum. Com o aumento no número de automóveis, os quais “encamparam” as ruas e avenidas, a rodagem significativa do modal cicloviário desapareceu gradativamente.

Assim como as bicicletas, o modal ferroviário também sofreu os impactos da rodagem automotiva. A Estação de Macaé, antes freqüentada pela população para hábitos comuns, como acompanhar o embarque e desembarque, encontrar conhecidos, almoçar no restaurante ou tomar café, esvaziou-se em um curto intervalo de tempo.

Pode-se dizer que, no início deste século, existiam oito empresas rodoviárias, uma ferroviária, uma aeroviária, em torno de 23 mil veículos e 30 mil bicicletas (KNAUSS, 2001).

2.3. Trajetória da Ferrovia em Macaé e Região

Marco importante na história de Macaé, o início da implantação das linhas férreas fez parte de um plano de integração regional. A Companhia Ferro Carril de Macaé construiu, em 1871, a ponte de embarque e desembarque na enseada de Imbetiba, a fim de integrar o bonde aos vapores. A construção de docas e melhoramentos, em 1872, complementou tal integração, entre o modal ferroviário e o marítimo (LÔBO JÚNIOR, 1990). Sobre uma das primeiras linhas férreas, segue:

> As dez horas da manhã de doze de janeiro de mil oitocentos e setenta e seis, no lugar então denominado Praia da Concha – hoje Praia do Forte – reunia-se muita gente. Feliciano José Henriques, comerciante na Corte e concessionário do privilégio para a construção da Estrada de Ferro de Macaé a Santa Maria Madalena, Dr. Domingos Antonio Alves Ribeiro, Juiz de Direito da Comarca, o tenente-coronel Luiz Gomes Amado de Aguiar, Delegado de Polícia do termo, Dr. Henrique Antão de Vasconcellos, Promotor Público, Dr. Francisco de Paula Mattos Baptista de Leão, Engenheiro da Província para este Distrito, Dyonízio Teixeira Meirelles, Subdelegado de Polícia da cidade, o capitão, Antero Dias Lopes, Presidente da Câmara Municipal e os vereadores, Dr. Luiz José da Costa e Souza, major Leopoldino Francisco Caldas, alferes Felisberto Alexandrino Drummond e Eugênio d'Oliveira Lobo Vianna; o Secretário da Câmara, José da Silveira e Souza, além de advogados, médicos, negociantes, lavradores e grande público. Nesse momento, o vigário Joaquim da Fonseca e Cruz deu a bênção na colocação da pedra fundamental das obras da E.F. Macaé a Santa Maria Madalena, sendo depositada na dita pedra, em lugar nela aberto, uma caixa de madeira envolvida em outra de chumbo, na qual foram guardadas a ata da solenidade, diversas moedas de cobre, níquel, prata e ouro, bem como notas de 500 réis, 1 mil réis e 2 mil réis, além de um exemplar do jornal "Goytacaz" (PARADA, 1995, p.361).

2.3.1. Ligação Ferroviária Niterói-Macaé

A ferrovia que uniria Macaé a Niterói iniciou a sua trajetória em 1880, quando houve a ligação Niterói-Rio Bonito. Por meio da Lei Provincial nº 2-600 de 1894, foi autorizada a construção do prolongamento da Estrada de Ferro Cantagalo, a qual uniria Rio Bonito a Macaé. Através do contrato, datado de 1895, Diniz de Noronha Castro deu andamento as obras, e, em 1888, houve sua inauguração. A ferrovia, que ainda não adentrara o trecho urbano de Macaé criou uma expectativa quanto ao traçado da mesma. Sobre isso, segue abaixo:

> Assim, em 31 de março daquele ano de 1887, o Presidente da Câmara Municipal, Francisco Pereira Gonçalves, convocou uma sessão extraordinária à qual estiveram presentes os Vereadores Soares Pinto, Bento Caetano, Miguel Vaccani e José Cláudio. Nela, conforme se lê na ata respectiva, "disse em seguida o Presidente que o fim desta sessão extraordinária era tratar de interesses que supõe vital para esta cidade, como seja a colocação da estação da estrada que vem de Niterói, que sobre isto dirigiu a V. Excia. o Sr. Presidente da Província, o seguinte telegrama: "Macaé, 30 de março de 1887. Consta que se projeta, em segredo, assentar fora da cidade, no campo de uma fazenda, a estrada terminal da estrada que vem de Niterói. Será aniquilar a cidade. Consternação dos habitantes. Câmara reúne-se amanhã para respeitosamente solicitar de V. Excia. providências". Um esclarecimento final, para não alongar a história: a fazenda a que se referia o telegrama era a do Visconde de Araújo, e o então Presidente da Província era o Dr. Antonio da Rocha Fernandes Leão, cujo nome foi dado a uma das estações próximas a Macaé: Rocha Leão (PARADA, 1995, p.157).

As etapas da ligação ferroviária Niterói-Macaé são: 1ª etapa, com a Estrada de Ferro Cantagalo, executada por trechos, que ligou Niterói a Rio Bonito; 2ª etapa, onde a Estrada de Ferro Macahé e Campos ligou os dois municípios; e a 3ª etapa, de execução da ligação ferroviária entre Macaé e Rio Bonito. A segunda etapa citada, que trata da E.F. Macahé e Campos, diz respeito a ligação de Campos com a capital, a qual dependia da terceira etapa. Segue os detalhes:

> É o que, nitidamente, se depreende de dois pequenos trechos da edição de 12 de dezembro de 1886, do jornal macaense "O Constitucional". O primeiro trecho dizia: "Ramal do Rio Bonito – No dia 1º do corrente chegaram os trabalhados de avançamento de trilhos de ramal do Rio Bonito até a ponte do Rio Seco, em Capivari, devendo estar brevemente na Lagoa Juturnaíba". Dois esclarecimentos: Capivari era o nome então ostentado por Silva Jardim; o contrato para execução da obra fora assinado em 30 de janeiro de 1884, com a E.F. Cantagalo. O segundo trecho do periódico macaense assim se exprimia: "E.F. de Niterói a Macaé – Prosseguem com celeridade os trabalhos desta estrada. A locação da linha já está feita até a lagoa de Imboassica, a partir desta cidade. São esperados brevemente o empreiteiro geral, o Sr. Diniz de Noronha Castro e o engenheiro chefe, o Sr. Dr. Pedro Cordeiro de Araújo Feio, a fim de dar-se começo ao movimento de terras e construção da via permanente". Para finalizar: o trecho entre Rio Bonito e Macaé foi festivamente inaugurado em dezembro de 1888. Ficou, assim, completada a ligação entre Campos e Niterói e começou a morrer o porto de Imbetiba, com resultados nefastos para a economia e o movimento financeiro da cidade (PARADA, 1995, p.448).

2.3.2. Estrada de Ferro Macahe-Campos

Em 1874, a Companhia Estrada de Ferro Macahé e Campos executava obras, a fim de operar a conexão Campos-Macaé-Corte, sendo o último trajeto realizado por navios. A diretoria, querendo divulgar o empreendimento, formalizou naquele ano a entrega do trecho Imbetiba-Carapebus. Estava presente uma comitiva chefiada pelo Presidente da Província, o Desembargador Manoel José de Freitas Travassos. Curiosamente, no mesmo período foi inaugurada a antiga estação ferroviária de Macaé, conhecida popularmente como Estação da Parada. Sobre as obras, segue:

> Em carta dirigida ao titular do órgão de Turismo da Prefeitura, a Sra. Araci da Costa Salles, residente em Olinda-RJ, em certos trechos faz menções ao tempo do início das obras da estrada de ferro: “dito por meu tio e padrinho, o meu avô trabalhou na construção da linha férrea (era chefe de turma). Consta ainda que para acenderem o fogo para cozinharem na beira da estrada, meu avô mandava que fossem às margens do rio e rolassem a ponta de uma vara na lama existente, que logo formava uma bola e pegava com facilidade (...). Tempos passados, algumas pessoas diziam: meu tio era gabola e cheio de invencionices (pelo que ele ficava uma fera de mau humor)”. Embora a missivista não tenha sido precisa quanto ao local da obra, tudo indica que o fato por ela narrado haja ocorrido durante a construção – de 1872 a 1873 – da Estrada de Ferro Macahé e Campos que, como o nome diz, uniu essas duas cidades. Como o leito dessa via férrea cortava os distritos de Carapebus e Quissamã, está claro não ter sido gabolice a história contada a respeito do seu avô. O solo da região era e é rico em turfa, variedade pobre do carvão de pedra. Proveniente da decomposição orgânica de várias plantas, a turfa vem formar-se geralmente dentro d’água, em lugares de brejos, onde é escassa a quantidade de oxigênio. Sendo substância combustível não é de estranhar ter sido ela usada para o fim referido (PARADA, 1995, p.402).

A Estrada de Ferro Macahe-Campos estava praticamente finalizada no ano de 1875. A cidade, além de interligar Campos ao Rio de Janeiro, era uma importante rota logística da Companhia Estrada de Ferro Macaé e Campos (PARADA, 1995).

2.3.3. Ligação Ferroviária Niterói-Campos

A *Leopoldina Railway* modificou a conexão Campos-Macaé-Corte, quando adquiriu a Estrada de Ferro Macahe-Campos. O trajeto marítmo foi suplantado pela ferrovia, a qual passou a executar tal conexão. O Canal Macaé-Campos, concluído em 1872, também sofreu uma subutilização após o início da operação inglesa. A ligação ferroviária Niterói-Campos segue abaixo:

> A estrada de ferro Macaé-Campos foi inaugurada em 13 de junho de 1875, somente três anos depois de concluído o Canal que, a partir daí, entrou em franca decadência, pois o transporte ferroviário era mais rápido e seguro. Esse trajeto já era utilizado em parte até Carapebus, desde 1874, tendo sido completado até a cidade de Campos, no ano seguinte. Umas atrás das outras foram surgindo as companhias concessionárias das Estradas de Macaé, do Barão de Araruama, do Ramal de Quissamã (com cerca de 39 km, passando por Carapebus, Quissamã, Macabu e Madalena) e, ainda, a linha urbana de Macaé – todas utilizadas simultaneamente. Em 1888 foi construído o prolongamento da estrada de ferro Cantagalo, ligando Rio Bonito a Macaé. Rio Bonito já estava ligada a Niterói e, assim, Macaé ficava ligada à Corte por via férrea. Mais tarde, em 1898, apenas dois anos depois de instalada a tão sonhada Alfândega, a *Leopoldina Railway* compra a Estrada de Ferro Macaé-Campos. Com isso, a *Leopoldina* unia por trilhos Niterói a Campos, iniciando um combate econômico ao porto de Imbetiba, reduzindo as tarifas de seu transporte e provocando a falência do porto que, evidentemente, não podia competir com empresa de tão alta tecnologia e eficiência no transporte. Gradativamente houve uma substituição do transporte marítimo pelo ferroviário e, em 5 de março de 1904 a Alfândega foi extinta. O porto foi comprado pela *Leopoldina*, que passou a ter monopólio do transporte e definiu, sem concorrência, os preços dos fretes (LÔBO JÚNIOR, 1990, p.33).

2.3.4. Estrada de Ferro Central de Macahe

A ligação entre a região serrana de Macaé com o meio urbano se dava através da Estrada de Ferro Central de Macaé, como segue:

> A Lei Provincial número 2.742, de 15 de novembro de 1884, que autorizou o Presidente da Província a conceder aos proprietários da Usina Cláudio, ou à companhia que organizassem, permissão para abertura ao tráfego público da estrada de ferro agrícola que estavam construindo, podendo prolongá-la até Macaé e o Arraial do Frade. Em 5 de outubro de 1886 foi celebrado o contrato entre a Província e a companhia para efeito da construção da estrada de Macaé à Serra do Frade. Após a aprovação dos estudos definitivos da mesma, em 13 de julho de 1889, a referida estrada foi aberta ao tráfego até a estação de Glicério, com a extensão de 42,7 quilômetros, já na República, exatamente em 6 de abril de 1891. A Estrada de Ferro Central de Macaé passou para a *Leopoldina Railway* em virtude do Decreto número 2.896, de 9 de maio de 1898, faltado ainda a construção do trecho de Glicério à Serra do Frade, o que foi dispensado pelo governo federal em 1901 (PARADA, 1995, p.37).

2.3.5. Ramais Ferroviários e Estações

Em meados do século XIX, a mecanização da agricultura foi um dos fatores impulsionantes para o surgimento das concessionárias ferroviárias. Os trechos ferroviários, chamados ramais, foram interligados ao longo do tempo: Macaé-Carapebus (1874), integrou-se ao Macaé-Campos (1875); o ramal do Barão de Araruama, unindo Carapebus, Quissamã e Madalena (1877), integrou-se ao anterior; Macaé-Rio Bonito (1888), interligado ao trecho já construído Rio Bonito-Niterói (1880); e o Macaé-Glicério (1888), que chegava em Macaé as 10h30min. e partia para a serra as 14h (FONSECA, 1996). Um pequeno comboio passava pelo bairro Virgem Santa, onde hoje há uma rodovia (RJ-168) que liga a cidade ao trevo da região serrana, na rodovia BR-101. Sobre os ramais e estações, segue abaixo:

> A Estrada de Ferro Macahe e Campos, onde trafegavam os trens de passageiros e de carga até a estação de Imbetiba para seguir viagem pelos Vapores, era a ferrovia mais utilizada. Havia também os trens mistos, os quais partiam da estação de Imbetiba com destino a Miracema, passando por Conceição de Macabu, Cantagalo, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Laranjais até chegar ao destino e vice-versa; sendo este um dos mais longos e sinuosos trechos. A estação inicial da linha Imbetiba, era a mesma que existia até bem pouco tempo, no interior das oficinas de *Leopoldina* (local onde hoje está instalada a Petrobras); a Estação da Parada, alguns anos depois, foi substituída pela Estação de Macaé, propriamente dita. Essa dita parada erguia-se no final da rua Conde de Araruama de nossos dias, e merecia o nome porque o trem que ia ou vinha de Campos nela parava para servir aos passageiros da cidade que não se destinavam a tomar o Vapor (navio vapor de passageiros) no porto de Imbetiba, rumo ao Rio de Janeiro. Foi construída pouco depois da inauguração do Engenho Central, para ligar a linha de Macahe e Campos com a via férrea agrícola do próprio engenho, que tinha seu ponto final na freguesia de Quissamã (PATROCÍNIO, 2007, p.98).

Era comum a grande movimentação na Estação de Macaé, contínuo embarque e desembarque dos trens, além das cargas, almoços e cafezinhos no restaurante da mesma (figura 2).

O Rebate

Diretor Responsavel: JORGE COSTA

Ano XXII | Macaé, 10 de Janeiro de 1954 | Num. 1042

MACAÉ ANTIGO

IMBETIBA

ZÉ MARCELLO

V

Em artigo anterior dissemos — «PESSIMO LOCAL», — o escolhido para o levantamento do primeiro edificio da Estação da Leopoldina, porque não se explica como, havendo tantos terrenos proximos, e cedidos para aquele fim pelo Visconde de Araujo, fossem colocal-a no perimetro urbano e cercada por linhas-férreas duplas que não permitem um livre acesso de passageiros á agencia, em face dos perigos constantes das manobras que ali se praticam diuturnamente. Já naquela época, — da inauguração da Estação, — a imprensa local protestava contra o absurdo cometido, apontando os perigos e riscos de vida que poderiam, de futuro, acarretar semelhante ideia, áqueles que tivessem necessidade de se dirigir á Estação.

Foi o nosso velho historiador e jornalista Pereira de Siqueiros, quem primeiro se insurgiu e atacou a ideia do local escolhido para levantamento da Estação; a que, com oportuno bom-humor denominou «BENDENGÓ», quando acusou a Camara Municipal em consentir a sua edificação. Escrevia ele:» ilustres sumidades da atual Camara Municipal, que nos mimosearam com o «BENDENGÓ» do Rio-Bonito, estação térrea no perimetro urbano da cidade, para minorar as inundações do rio Macaé...»

Naturalmente referia-se o jornalista ás aguas que entravam pela «vala dos jesuitas», na rua do Colegio, invadindo a cidade, como aconteceu nas terriveis enchentes de 1851, 1873 e 1882, que tantos males nos causaram e tantas vidas nos arrebataram.

Assinem «O REBATE»

Figura 2 – Reportagem sobre a localização da Estação de Macaé (REBATE, 1954)

Quando o trem parava na estação, havia intensa circulação de passageiros, vendedores de pastéis de tabuleiro e bolinho de aipim, além dos choferes da praça (taxistas). Os carregadores de

mala também aguardavam a chegada do trem para complementar os seus salários (PATROCÍNIO, 2007).

Durante viagem realizada em 1877 entre a cidade do Rio de Janeiro e Quissamã, pelo diretor do 'Jornal da Bahia', Francisco José da Rocha, a fim de participar da inauguração do Engenho Central de Quissamã, transcreveu o mesmo:

> "No caminho de ferro de Macaé a Campos há os mesmos inconvenientes. Sempre muita carga e grande número de passageiros, e falta de vagões para acomodá-los. Passageiros que pagam para a 1ª classe são obrigados a pagar passagens no "break" ou em vagões de 3ª; velhos e pouco asseados, são divididos em três compartimentos para 6 pessoas cada um; e ainda desta vez, em um desses compartimentos vieram 9 pessoas, sendo 2 senhoras! E, entretanto, essa estrada, cujo custo foi enorme por causa dos erros e desperdícios, rende de 90 contos mensais, tal é a importância de seu tráfego. Marginando quase sempre o célebre canal de Macaé a Campos, que ainda permite navegação pequena, porém que em alguns lugares está quase seco, passa sobre o rio Macaé em uma ponte de ferro e tem as estações muito mal distribuídas. A primeira, Macaé, fica a poucos minutos do ponto de embarque, as outras são muito distantes. Seguem-se as de Sant'Ana, Carapebus, que é tosca, e Santa Fé de Macabu. Nesta, os que não seguem para Campos, e têm de ir a Quissamã, passam para o trem da estrada de ferro agrícola (...)" (PARADA, 1995, p.190).

As estações entre Macaé e Quissamã, descritas acima, receberam novas localizações e nomes ao longo do tempo. Eram estas: Imbetiba, Parada, Sant'Ana, Carapebus e Santa Fé de Macabu. Algumas dessas até desapareceram tempos depois. A Estação de Imbetiba se localizava no bairro de mesmo nome, onde eram as Oficinas da *Leopoldina*. A Estação da Parada se localizava no final da Rua Conde de Araruama, sendo substituída pela Estação de Macaé. A Estação de Sant'Ana se localizava em Torguá, ou seja, Cabiúnas. A Estação de Carapebus se localizava próxima ao antigo cinema e a antiga usina de Carapebus. A Estação de Santa Fé de Macabu se localizava pouco antes da atual Conde de Araruama, construída com a finalidade de interligar a Estrada de Ferro Macahé-Campos com a Estrada de Ferro Agrícola, pertencente ao Engenho Central, que chegava até o centro urbano, chamado 'Freguesia de Quissamã' (PARADA, 1995).

2.3.6. A C.E.F. Leopoldina e a *Leopoldina Railway*

A Companhia Estrada de Ferro Leopoldina, datada de 1871, interligava Porto Novo, Leopoldina e Cataguases, no Estado de Minas Gerais. A expansão da Companhia, além de novos trechos ferroviários, incluía adquirir ferrovias adjacentes, como as da região norte e litorânea do Estado do Rio de Janeiro. A gestão deficiente pelos altos gastos com adequação de bitolas, segurança inadequada, enchentes, epidemias, perdas, etc. levaram a Companhia a falência no ano de 1897. Coincidentemente, no mesmo ano entrou no mercado brasileiro a empresa britânica *The*

Leopoldina Railway Company Limited. Iniciando com 2.118 quilômetros, sua expansão englobou uma área ainda maior que a Cia E.F. Leopoldina, alcançando, até 1907, 3.086 quilômetros nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo (FONSECA, 1996). As aquisições da *Leopoldina Railway* estão descritas a seguir:

> Em 25 de agosto de 1887, uma Deliberação do Governo da Província do Rio de Janeiro aceitava a proposta da *Leopoldina Railway* para compra da Estrada de Ferro Cantagalo, que ia de Niterói (Sant'Ana de Maruí) a Macuco e que tinha o ramal de Porto das Caixas a Macaé. A Cantagalo, em dezembro de 74, inaugurou o tráfego entre Porto das Caixas e Venda das Pedras, estendendo-o sucessivamente até Tanguá (78), Rio dos Índios (79) e Rio Bonito (18-08-1880). Quatro anos depois uma Lei Provincial autorizou o prolongamento da E. F. Cantagalo, desde Rio Bonito até Macaé. A construção foi contratada com Diniz de Noronha Castro, em 1885, e o trecho foi inaugurado em dezembro de 1888. Com a ligação a Rio Bonito, Macaé acabou ficando unida, por via férrea, a Niterói. Como já se unia, por trem, através da Companhia Estrada de Ferro Macahé e Campos, com esta cidade, os trilhos passaram a estreitar o norte fluminense e a capital do Estado, passando por Macaé. Foi o princípio do fim do antigo porto da Imbetiba. Pouco depois, a ferrovia inglesa, após alguma resistência, adquiriu a Macahé a Campos e ficou dona absoluta de todo o trecho. Com tarifas baixas, propositalmente baixas, aniquilou a utilidade do porto de Macaé como veículo exportador da produção agrícola e comercial de nosso município, de Campos e das regiões vizinhas. O transporte marítimo não podia fazer frente e o que se viu foi o adeus ao porto de Imbetiba e o adeus a Alfândega de Macaé (PARADA, 1995, p.65).

O trecho Macaé-Rio Bonito, da E.F. Cantagalo, foi adquirido em 1886 pela *Leopoldina*. Em 1887, a diretoria decidiu adquirir a C.E.F. Macahe-Campos, porém foi negado o pedido de compra ou fusão pela mesma (tabela 2). Apesar disso, a *Leopoldina* adquire o trecho Porto de Caixas-Rio Bonito. Já em 1889, devido as demandas econômicas, houve o tráfego comum na via permanente Niterói-Rio Bonito-Macahe-Campos entre as companhias. Nove anos depois, a compra da Estrada de Ferro Central de Macahe, ligando o centro urbano ao distrito de Glicério, foi um passo para a aquisição definitiva da C.E.F. Macahe-Campos, que iniciou com a compra de dez ações da mesma, em 1890. Então, o eixo Niterói-Campos passou a pertencer a *Leopoldina Railway* em 1898 (FONSECA, 1996).

A cronografia histórica dos fatos relatados, além de fatos recentes, segue abaixo:

Tabela 2 – Cronografia ferroviária regional

1869	Decreto providencial nº 1464 autoriza o governo a contratar com Andrew Taylor ou com que mais vantagens oferecer, a construção de uma estrada de ferro entre Macaé e Campos.
1869	Decreto providencial nº 1467 autoriza contratar com Feliciano José Henrique e João Maria de Almeida Portugal, ou com quem mais oferecer vantagens, a construção de uma estrada de ferro entre Macaé e a vila de Santa Maria Madalena.
1870	Contrato celebrado pela província do Rio de Janeiro para construção da linha férrea entre Imbetiba e Campos, com Andrew Taylor, José Antônio dos Santos Cortiço, Antônio Joaquim Coelho. Este contrato fez nascer a Companhia Macaé e

	Campos, cuja primeira diretoria foi integrada pelo Conde de Baependi, pelo Visconde de Cachoeira, pelo Barão de Carapebus, pelo Comendador Joaquim Antônio Fernandes Pinheiro e pelo Dr. Adolpho Bezerra de Menezes.
1872	Apresentado, na assembléia provincial, projeto nº 245, autorizando a E.F. Macahe e Campos a prolongar sua linha até Imbetiba, com os privilégios já concedidos.
1873	Autorizado, pela lei provincial 1842, o prolongamento da linha férrea unindo Macaé e Imbetiba.
1874	Inaugurada a ligação ferroviária da E.F. Macahe e Campos, entre as estações de Imbetiba e Entroncamento, atual Conde de Araruama.
1874	Inauguração da antiga estação de Macaé, bem como da ligação férrea entre Imbetiba e Carapebus, da E.F. Macahe e Campos.
1875	Criada a agência dos Correios na estação de Santana, atual Carapebus, da E.F. Macahe e Campos.
1878	Portaria do Presidente da Província, ordena à E.F. Macahe e Campos o restabelecimento do serviço de cargas na Estação da Parada, em Macahe.
1878	Pelo decreto 6865 do Governo Geral são aprovados os estatutos da E.F. Barão de Araruama.
1886	Inaugurado contrato entre a província e a Companhia Engenho Central de Macaé, da família Cláudio para o raro ramal de Rio Bonito e Macahe, da E.F. Cantagalo, obrigando o empreiteiro a construir uma estação de 2ª classe nas intermediações da Lagoa de Imboassica.
1887	Comprado pela *The Leopoldina Railway Co. Ltd.* o ramal férreo Porto das Caixas-Macaé.
1887	Em reunião da diretoria da E.F. Macahe e Campos, delibera não aceitar as propostas de fusão ou de venda de sua empresa à *Leopoldina Railway*.
1888	Decreto nº 10.121 dá concessão para a E.F. Central de Macaé.
1888	Decreto 3.024 autoriza conceder à E.F. Barão de Araruama o prolongamento de sua linha, de modo a servir às freguesias de São Sebastião do Alto e Santa Maria Madalena.
1889	Aprovada, pelo decreto 10.226, a construção da ligação ferroviária entre a cidade de Macaé e a Serra do Frade.
1891	Aberta ao tráfego a linha ferroviária Macaé-Glicério, da E.F. Central de Macaé, com 42,7km de extensão.
1925	Iniciada a construção da estrada de ferro de Paciência ao Sertão do Imbé, devido à interferência do Coronel José Teixeira de Gouveia, junto ao Governo do Estado (extraído do Calendário Macaense – A. A. Parada)

Fonte: FONSECA, 1996.

2.3.7. A Rede Ferroviária Federal S.A.

O início da concepção da Rede Ferroviária teve contribuição do Decreto Lei de 1950, que encampava a britânica *Leopoldina* e retornava a nomenclatura anterior, E.F. Leopoldina (figura 3). Sobre a concepção citada, segue:

> Por volta de 1955-56, o Congresso Nacional começou a discutir a necessidade da criação de uma Entidade Nacional de Transporte Ferroviário. Como os critérios e os objetivos não estavam claramente explicitados, os trabalhadores colocaram-se contra a criação da RFFSA, passando a fazer passeatas e atos públicos na cidade do Rio de Janeiro. Os militares convocaram então os trabalhadores a participarem de uma reunião no Ministério da Guerra e no Conselho de Segurança Nacional. Na ocasião os trabalhadores foram informados de que os motivos da criação da RFFSA devia-se à necessidade de garantir-se a segurança nacional, visto que as 22 ferrovias existentes possuíam também 22 direções diferenciadas, e que, baseando-se em experiências adquiridas na Segunda Guerra Mundial e levando em consideração a vulnerabilidade de nossas fronteiras, estas direções, em caso de conflito externo ou interno poderiam, contrariando a orientação governamental, autorizar o transporte clandestino de material bélico ou outros materiais, colocando em risco a soberania e a segurança da nação. Esclarecidos os fatos, os trabalhadores não tiveram outra opção a não ser ficar de acordo com a criação da RFFSA (FONSECA, 1996, p.49).

O cientista alemão Brandt apud Fonseca (1996, p.57), em publicação intitulada Geografia Brasileira, dizia que: “O brasileiro viaja em ferrovias que foram construídas por estrangeiros, cujas passagens e fretes são determinados por estrangeiros, e cujos saldos vão para o bolso de estrangeiros, as quais, portanto abstraindo-se das exceções, são corpos estranhos ao país”. O surgimento da RFFSA, além do principal objetivo de unificação da malha ferroviária, também beneficiou o modal ferroviário, passando a controlar, planejar e conservar as vias, não sendo mais estranhas ao território nacional.

O Rebate

Diretor Responsavel JORGE COSTA

Ano XXV | Macaé, 7 de Outubro de 1956 | Num 1162

Criação da Rêde Ferroviária Federal S. A.

Alastra-se um movimento no seio dos ferroviarios nacionais, de repudio ao projeto que se encontra no Senado, criando a Rêde Ferroviaria Federal S. A., «à qual ficarão incorporadas as estradas de ferro de propriedade da União e por ela administradas na data da publicação desta lei».

O projeto em questão foi encaminhado ao congresso em abril de 1952 pelo então presidente Getulio Vargas e dai para cá tem dormido longos sonos nas comissões.

As comissões chamadas a dar parecer são todas pertencentes ao bloco majoritario, isto é, do PSD, e por isso mesmo o projeto tende a ser convertido em lei, proximamente, pois o governo dispõe da maioria no parlamento.

As razões do movimento que não se sabe bem o seu fundamento primordial, cingem-se a presunções de que a Rêde Ferroviaria Federal será entregue a capitais estrangeiros com possibilidades de vir afetar certos direitos que gozam os ferroviarios.

O certo é que o projeto segue o seu curso, apesar do movimento nacional declarado.

Assinem «O REBATE»

JORNAL O REBATE

OUTUBRO-1956

O Estado do Rio e a Leopoldina

O Governador Amaral Peixoto enviou á Assembleia mensagem com anteprojeto pelo qual o Estado do Rio abrirá mão dos direitos sobre contratos com a Leopoldina Railway. Essa providencia que será adotada tambem pelos Estados de Minas Gerais e Espirito Santo, deverá facilitar a encampação da ferrovia.

JORNAL O REBATE

24-12-1950

Sancionada a Encampação da Leopoldina

O presidente da Republica sancionou decreto do Congresso Nacional, autorizando o Poder Executivo a promover, pelos meios regulares, a encampação da rede ferroviaria, concedida á Leopoldina Railway.

Figura 3 – Reportagens sobre o início da Rede Ferroviária Federal S.A. (REBATE, 1950/1956)

A Lei nº 3.115, de 19 de maio de 1957, agrupa 18 conjuntos na malha ferroviária, concretizando o nascimento da Rede Ferroviária Federal S.A., sendo esta subdividida em jurisdições, das quais podemos citar a E.F. Leopoldina, sediada em Juiz de Fora-MG.

A plena operação, iniciada no ano de 1958, contava com 2.000 locomotivas a vapor, ou seja, 78% do total, com eficiência de 20%, quantificada em toneladas por quilômetro. Os outros 19% do total era composto por 475 locomotivas diesel-elétricas, que detinham eficiência de 48%, quantificada da mesma forma que a anterior. Ambos modelos eram importados, sendo as primeiras gradativamente substituídas pelas segundas ao longo dos anos, devido aos resultados apresentados na eficiência de transporte.

As relações de trabalho também foram modificadas. Na era Vargas, os trabalhadores passaram a ser regidos pela CLT, além do Estatuto da Leopoldina. Também foram contemplados os aposentados, os quais adquiriram dupla personalidade jurídica e receberam complementação salarial.

Os investimentos em via permanente foram afetados pela crise americana de 1930. No período entre 1900 e 1924, foram executados 1.000 quilômetros de via férrea por ano. No ano da crise, não ultrapassou 392 quilômetros. Já em 1952, foram executados 200 quilômetros. A diminuição da expansão da malha pode ser explicada pelos aumentos no custo de materiais, os quais eram, em parte, importados. Da malha adquirida pela RFFSA, 80% já tinha sido executada desde 1920. A inserção de um plano da indústria nacional para o provimento de infra-estrutura do setor teria sido vital para que não ocorresse tal queda. A Segunda Guerra Mundial, ocorrida entre 1939 e 1945, contribuiu com a aniquilação da malha ferroviária brasileira, pois as importações de materiais de infra-estrutura não ocorriam devido as demandas bélicas dos países de origem. A ausência de iniciativa da indústria nacional, tanto no que se refere a via permanente, quanto a material rodante, fez com que se perdesse a oportunidade, nesse período, de desenvolvimento de uma tecnologia nacional, a qual poderia ter tido base na eletrificação ferroviária, fortalecida pelas reservas hidráulicas nacionais.

Durante a guerra, os empresários da indústria automobilística aproveitaram para lançar veículos ágeis e que percorressem terrenos acidentados, a fim de serem utilizados na guerra. Para se estabelecerem definitivamente, influenciaram em conjunto com outros empresários do setor o beneficiamento do modal rodoviário, vislumbrando a continuidade de suas vendas. Como haviam obtido sucesso com seus veículos na guerra, não houve dificuldades para que suas opiniões tomassem proporções continentais. O transporte rodoviário influenciou significativamente na erradicação ferroviária a partir da década de 60, como exemplo Glicério, Conde de Araruama, Atafona, Mauá, Maricá, etc. (FONSECA, 1996).

Apesar das adoções tecnológicas, o transporte ferroviário é mais eficiente energeticamente que o transporte rodoviário, podendo chegar ao triplo de eficiência (REVISTA FERROVIÁRIA, 2007). O Brasil, país de dimensões impressionantes, não vê a mesma importância na ferrovia dada por países norte americanos e europeus, por exemplo. Fica então a perplexidade, pois a economia de energia é um dos fatores fundamentais para efetuar investimentos em infra-estrutura e em outras áreas. Os únicos remanescentes da RFFSA, foram os trens suburbanos com finalidade social, sob responsabilidade da CBTU, criada em 1984. Além destes, os trens de carga lucrativos também passaram a ser geridos pela iniciativa privada, transportando derivados da siderurgia, do petróleo e grãos em geral.

Na década de 70, com a ditadura militar, o setor ferroviário foi esquecido, principalmente os trens de passageiros suburbanos. O apoio a expansão do setor rodoviário era uma constante. Uma das medidas mais significativas para o fim da rede foi a divisão da mesma em empresas menores na década de 80, retrocesso se comparado ao governo Vargas.

No início da década de 90, a democracia se apresenta com um projeto neoliberal de privatizações de estatais. Justificativas como ineficiência e prejuízo, além de aplicação de verbas provenientes de empresas públicas em saúde, educação, etc. fizeram com que a malha ferroviária brasileira entrasse em pauta, como seguem as propostas:

> 1. Desagregação. Divide-se o sistema atual em diversos sistemas regionais, que seriam privatizados.
> Esta proposta é pura discriminação. A empresa já funciona por regionais. Mais uma vez é o dito neoliberalismo, desconsiderando a ferrovia como fator de integração e desenvolvimento. Esta solução de dividir o sistema ferroviário é uma aberração, considerando a ferrovia da Europa, a mais eficiente do mundo, que busca a cada dia mais integração, a não ser que o objetivo seja "desagregar" as diversas regiões do país, marginalizando-as. Jamais concordar-se-á com um absurdo desta ordem.
> 2. Divisão de Responsabilidades. O governo fica responsável pela manutenção da infra-estrutura e o capital privado (empresários) com a operação ferroviária.
> Esta realmente é uma bela "divisão de responsabilidades" pois cabe a toda sociedade arcar com as despesas e, aos empresários, toda a arrecadação. O governo gasta, mas não arrecada. Se a questão é apresentar maior produtividade, esta é uma proposta irracional.
> 3. Terceirização de Serviços. Entregar todos os pátios e terminais para a iniciativa privada e a manutenção para empreiteiras.
> Em vez de a manutenção ser entregue às empreiteiras, devia se equipar as oficinas, comprar peças de reposição, priorizar a manutenção preventiva e valorizar a mão-de-obra ferroviária (FONSECA, 1996, p.80).

A liquidação da RFFSA, como é denominado o fim da mesma, teve importante contribuição do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que deixou o levantamento de bens e sua valoração a cargo da empresa Ernest & Young. O patrimônio da rede, as demandas, as questões trabalhistas e suas dívidas compunha a primeira fase, cuja sequência seria a elaboração do modelo de privatização. Ambas as fases passaram pela aprovação do BNDES.

A RFFSA teve uma vida de quase 50 anos, conseguindo incrementar a produção no transporte de cargas de 26 para 83 milhões de toneladas, transportar passageiros entre várias localidades, incluindo capitais, empregar mão-de-obra significativa no cenário nacional; e, se não houvesse a interrupção do fluxo de investimentos, seria auto-sustentável (FONSECA, 1996).

2.4. Operação Ferroviária em Macaé e Região

O documentário da Revista Commercial apud Borges (2002), no ano de 1923, transcreveu: “Chegam diariamente à esta estação, em trânsito, 10 trens. São formados aqui diariamente 4 trens para diversos pontos. A média dos despachos diários é de 60 de cargas e 37 de encomendas. As vendas de passagens para diversos lugares é de 2.500”. Com esses dados, pode-se avaliar o movimento comercial da cidade naquele período, com formação de quatro trens de carga diários. Os despachos das mercadorias eram executados em vagões fechados. As encomendas detinham volumes menores que, muitas vezes, seguiam nos carros bagageiros dos trens de passageiros. A média de embarques de passageiros era significativa, sendo 2.500 embarques por mês.

Os trens expressos (passageiros), noturnos (passageiros) e mistos (cargas e passageiros), da *Leopoldina*, intensificaram a movimentação diária em Macaé, como descrito abaixo:

> O Expresso número 3, vindo de Niterói, aqui chegava às 11h 55min. e saía às 12 horas, enquanto o Expresso número 4, saindo de Campos as 10h 45min, tinha seu horário de chegada fixado para as 13h 21min. e o de partida para cinco minutos depois. O trem expresso, possuindo duas classes de passageiros, saía do terminal Barão de Mauá às 5h25min, chegando a Macaé por volta de 10h57min. De Barão de Mauá no Rio de Janeiro partiam, diariamente, luxuosas e confortáveis automotrizes (litorinas) saindo às 7h45min e às 15h, chegando a Macaé por volta de 12h45min e 19h19min. De Campos partiam às 7h25min e 14h50min, passando por Macaé por volta de 9h20min e 16h30min. Dos trens Mistos, o número 37, de Macaé para Glicério, saía às 14 horas enquanto o 38, vindo de Glicério, tinha horário oficial de chegada marcado para as 11 horas. O Misto número 25, vindo de Niterói, devia aqui chegar às 15h 25min. enquanto seu correspondente, o de 26, saía de nossa cidade para a capital do Estado às 5 da manhã. Finalmente, os dois últimos Mistos ligavam a estação de Imbetiba a Miracema, de tal forma que o 31 chegava à estação de Macaé às 4h 06min. da manhã e partia vinte e dois minutos depois rumo a Miracema, enquanto o 32, vindo dessa cidade tinha seu horário de chegada à estação da cidade às 17h 37min., nela permanecendo até 18h 19min., quando rumava para Imbetiba. O trem noturno no sentido Rio-Vitória passava em Macaé em torno das 4h6min e no sentido Vitória-Rio em torno de 1h10min (PARADA, 1995; FONSECA, 1996; LÔBO JÚNIOR, 1990).

A Rede Ferroviária, em 1963, ainda operava o transporte de passageiros, com oito composições, exceto aos domingos, quando eram apenas quatro composições de passageiros (LÔBO JÚNIOR, 1990; FONSECA, 1996). A Maria Fumaça, composição para fins sociais, chegava diariamente a estação localizada no final da Rua Euzébio de Queiroz as 13h, possuindo um

vagão especial, em madeira, para os funcionários da *Leopoldina*. O trem expresso, também chamado rápido, chegava e tinha o vagão citado unificado ao comboio, seguindo viagem sentido Rio, com duração de quatro horas. Ao retornar, parava na estação de Imboassica, de onde se dava o chamado sinal de passagem para o trecho urbano, importante medida de segurança para garantir o tráfego ferroviário. Com o passar dos anos, novos vagões em aço e máquinas movidas a diesel foram adquiridas, modificando o cenário visto até então (FONSECA, 1996).

Nas últimas décadas, devido ao regime militar e ao neoliberalismo, principalmente, o modal ferroviário sofreu sucateamentos, subutilizações, e, até mesmo esquecimento. Inoperante nos últimos anos, a ferrovia macaense foi concedida pelo Governo Federal a Ferrovia Centro Atlântica (FCA), a qual transporta cargas. Os principais produtos transportados se concentravam em granéis agrícolas, fertilizantes, produtos siderúrgicos, derivados de petróleo e álcool, calcário, bauxita, ferro-gusa e cimento (FCA, 2009). Devido a baixa demanda no trecho que passa por Macaé, a sub-utilização do mesmo, além de uma otimização operacional necessária, devido as diversas comunidades de contorno e suas densidades consideráveis, ocorre uma nova função possível de ser implantada na ferrovia macaense: a utilização para transporte coletivo. Esse é um exemplo de boas práticas na engenharia (SCHARINGER, 2004).

2.5. Ferroviários, Trabalho e o Liceu Operário de Imbetiba

A Companhia Estrada de Ferro Macahe-Campos, detentora da ferrovia entre as duas cidades e da linha marítima Imbetiba-Guanabara, realizou a construção de oficinas no bairro Imbetiba, onde existiam os setores de caldeiraria, serraria, carpintaria, almoxarifado, depósito e armazenagem de cargas (FONSECA, 1996). A figura 4 ilustra a entrada férrea de tais oficinas:

Figura 4 – Acesso as oficinas no bairro Imbetiba (acervo do autor)

A *Leopoldina Railway* herdou tais oficinas quando adquiriu a Cia Macahe-Campos, ampliando-as e aumentando a mão-de-obra. Os funcionários que lá trabalharam tiveram relação direta com o desenvolvimento da cidade de Macaé, principalmente o do comércio. O intenso tráfego ferroviário entre o sul do Estado do Espírito Santo, a região Norte Fluminense e a cidade do Rio de Janeiro justificou a constante ampliação das instalações, onde se realizavam reparos e conservação de locomotivas e vagões, chegando a empregar 700 operários, além do pessoal operacional, administrativo, jurídico e de segurança. O modal ferroviário dinamizou a economia do município por várias décadas. Sobre o trabalho nas oficinas, segue:

> Nas oficinas de Imbetiba trabalhavam aproximadamente 30 ferreiros que forjavam as peças. Existiam ainda três ou quatro turmas compostas de 100 ajustadores cada. Era a ferraria, a caldeiraria de ferro, a caldeiraria de cobre, a tornearia e o escritório. As peças eram fabricadas manualmente. Não existiam peças de reposição a não ser caldeiras e cilindros. Se por exemplo, precisava construir um quadrante, uma peça grande e muito trabalhosa, que requeria uma certa capacidade técnica, possuindo um raio com formato de sêxtuplo de aço, cuja função era distribuir o vapor da máquina, através do movimento da locomotiva, inicialmente o material ia para a ferraria onde era forjado e vinha com aproximadamente 3/4 (três quartos) a mais da medida. Em seguida ia-se ao escritório e folheava-se desenhos de locomotivas antigas, onde constatasse a peça e dados técnicos escritos sempre em inglês. Continuando, a peça era desbastada manualmente e o acabamento era feito no torno. Assim se procedia com todas as peças: charneiras, desencalho de válvulas, sempre trabalhando manualmente (FONSECA, 1996, p.35).

Ao lado das oficinas, foi fundado em 1911 o Liceu Operário de Imbetiba, onde no começo se alfabetizou os filhos dos funcionários da *Leopoldina*, passando ao longo dos anos a oferecer cursos

profissionalizantes do primário à quarta série para atender a Companhia, além do mercado local. Após 30 anos de funcionamento, o Liceu foi substituído pelo SENAI, público naquele período, que formou ao longo de 20 anos profissionais altamente especializados. O apito, chamado “buzo”, tocava ao final das atividades diárias e os alunos, juntamente com os profissionais da *Leopoldina*, transformavam as ruas e avenidas em verdadeiras ciclovias. O som, proveniente da caldeira mestra, ecoava pela cidade, marcando os horários de almoço (11 horas) e término do expediente (16 horas).

Fonseca (1996, p.31) relatou que “no SENAI eram oferecidos cursos especializados de marcenaria, tornearia, caldeiraria, ajustagem, ferraria e solda. Os alunos recebiam um pequeno salário e o curso equivalia ao 2º segmento do 1º grau (5ª a 8ª série). O SENAI era motivo de orgulho para todos os macaenses”.

A Escola Municipal Dezesseis de Julho sucedeu o Liceu Operário de Imbetiba, sendo a inauguração deste último relatada abaixo:

> Sua inauguração ocorreu há exatamente 73 anos, no dia 8 de setembro de 1911, quando o ato foi solenizado e o Superintendente Geral da *Leopoldina Railway* representado pelo Dr. Cherubine Steger. De sua inauguração dá-se conta “O Regenerador”, de 10 de setembro, dizendo que às 11 horas saiu da Imbetiba um trem especial rumo à estação de Macaé, conduzindo a Diretoria do Liceu e grande número de operários. Lá foram esperar o trem expresso do Rio que trazia o Dr. Steger. Segundo o referido jornal, “Sua Excia. foi recebido debaixo de uma chuva de confetes”. A sessão solene da oficial inauguração teve início à tarde, com seu ponto culminante à noite. A ornamentação do salão do Liceu tinha ao fundo, um painel com o nome da escola, escudado pela bandeira nacional, enquanto pelas paredes destacavam-se escudos de homenagem à Justiça; ao Comércio; à Imprensa; ao Trabalho; às Sociedades Musicais da cidade; às Ciências e Artes; à Superintendência Geral e à administração da *Leopoldina Railway*. Às 7 da noite, a sessão foi aberta por Alberto Lima, presidente do Liceu, que chamou o Dr. Steger para presidi-la. Agenor Caldas foi o orador oficial, seguindo-se outras palavras, bem como a participação das alunas do Colégio N.S. da Penha, das irmãs Gonçalves, que cantaram um hino e recitaram dois monólogos. Como de praxe, na época, após a sessão foi oferecido aos presentes, a crer no jornal, “uma lauta mesa de doces; com champanha; cerveja; licores; vinhos finos, etc” (PARADA, 1995, p.451).

Importante conquista dos funcionários, agora na RFFSA, ocorreu no ano de 1962, quando obtiveram o melhor índice de produtividade nos ramos de reparação ferroviária e logística. Tão logo se observa o reflexo do Liceu e do SENAI em tais resultados, os quais possibilitaram a reativação dos trechos ferroviários Barão de Mauá-Petrópolis e Niterói-Itaboraí, não tão lucrativos.

Ao longo dos anos, os benefícios ofertados ao modal rodoviário não observavam as conquistas do modal ferroviário. Em Macaé, a inauguração da RJ-106 (rodovia Amaral Peixoto) passou a oferecer uma nova rota para produtos e serviços, e, como não era observada a multimodalidade, as oficinas de Imbetiba, assim como a ferrovia, deixaram de receber

investimentos, gradativamente. Fechamento de seções e setores, aposentadoria dos funcionários e transferências fizeram com que encerrassem os serviços ferroviários na cidade (FONSECA, 1996).

2.6. Valores Sociais dos Meios de Transporte

O crescente aumento do transporte individual em detrimento do transporte público se dá pela gestão inadequada deste último. Os automóveis, ao longo dos anos, significam mais que apenas um meio de transporte, sendo uma forma de *status*, com uma forte indução pscico-social por parte do departamento de *marketing* de seus fabricantes, os quais utilizam ostensivamente as propagandas em geral para o consumismo dos meios de transporte individuais (DAVID, 2009).

Para tentar modificar este cenário, uma nova forma de organização do transporte coletivo está sendo implementada: os Sistemas Integrados de Transportes. A necessidade de se observar a qualidade da locomoção e dos serviços oferecidos é fundamental para esta iniciativa.

O sistema ideal tem de transmitir aos usuários, não só qualidade e segurança, mas também uma responsabilidade ambiental através do esclarecimento dos benefícios gerados por uma menor emissão de poluentes atmosféricos (TENNYSON, 2009). Para isso, é necessária a contribuição de várias especialidades, dentre elas as tecnológicas, ambientais e sociais. A reversão dos valores atribuídos aos meios de transporte individuais pelo apelo publicitário provêm de um projeto de transporte coletivo, como o SIT. O poder público deve assumir tal iniciativa, sendo este o maior incentivador a sua implementação. Devem ser determinados todos os aspectos do projeto, como por exemplo segurança e rapidez. A contínua melhoria da qualidade tem como resultado a satisfação, tanto de quem promove, quanto de quem opera (DAVID, 2009).

A cidade de Curitiba é a comprovação de que a utilização do transporte público cresce em detrimento do transporte privado. Apesar de possuir um dos maiores índices de propriedade de automóveis do Brasil, esta possui um dos maiores índices de adesão ao transporte público. Pesquisas evidenciaram que 28% da captação de usuários realizada pelo anterior eram provenientes de veículos automotivos. Tal captação realizada pelo transporte público promove a minoração dos congestionamentos urbanos, dos tempos de deslocamentos e do estresse humano, por exemplo. A saúde dos usuários de veículos automotivos é diretamente afetada pelo trânsito intenso e seus efeitos, relatados anteriormente.

O sistema TransMilenio de Bogotá, Colômbia, obteve em seu primeiro ano de implementação uma redução de 32% no tempo médio de viagem por ônibus, uma redução de 93% nos acidentes de ônibus, um índice de aprovação de 98% por parte dos passageiros e valoração imobiliária ao longo das vias exclusivas. A captação de usuários provenientes de veículos automotivos, neste caso, foi de 11%. Tal ratificação mostra a eficácia da união entre política de

segurança no trânsito e iniciativas de planejamento nos transportes urbanos. A priorização da saúde e do bem estar humanos, resultou na redução de quase metade das mortes no trânsito entre 1996 e 2003.

Além dos benefícios do transporte público, anteriormente citados, há também os benefícios da multimodalidade nos sistemas de transporte integrados, com vias exclusivas para cada modal. Em Bogotá, a iniciativa reduziu em 33% as mortes envolvendo ciclistas: de 115 no ano de 2001 para 77 no ano de 2004. Houve aumento do número de ciclistas nesse mesmo período, os quais utilizavam as vias exclusivas CicloRutas. As ciclovias, interligadas aos terminais do BRT TransMilenio, foram responsáveis pelo aumento do modal em 38% e pela redução de 8,8% nos acidentes envolvendo ciclistas entre os anos de 2001 e 2004 (OPAS, 2010).

2.7. O Paradigma dos Transportes Individual e Coletivo: Integração ou Estagnação

Ao longo da história da humanidade, os meios de transporte foram os facilitadores de deslocamento geográfico, seja por tração animal, seja por outros meios. De uma forma ou de outra, se observa que os deslocamentos são coletivos em quase sua totalidade. As primeiras estradas abertas foram para a passagem de um fluxo de movimentação humana já existente, o qual demandava sempre melhores condições de tráfego. Ou seja, muitas pessoas transitavam por aquele eixo de deslocamento, utilizando os meios de transporte disponíveis. Então, mesmo que se deslocasse individualmente, devido ao fluxo a via era coletiva. Esse é o princípio gerador dos meios de transporte coletivo: a observação de que a demanda era evidente gerou a oferta dos mesmos.

No ocidente, a invenção dos maquinários e, posteriormente, a industrialização impulsionaram o desenvolvimento dos modais de transporte hoje existentes. Dentre os mais utilizados estão os antigos bondes e os carros, que eram responsáveis pelos deslocamentos mais curtos. As máquinas a vapor – locomotivas e navios – eram responsáveis pelos mais longos (POST, 2010; FARIA, 2006).

Como o custo de aquisição de um automotivo era considerável, poucas pessoas tinham acesso aos carros. A maior parte das pessoas, trabalhadores comuns, não tinha poder aquisitivo para tal aquisição, restando aos mesmos a utilização dos transportes coletivos para os deslocamentos, como os bondes.

Acredita-se que a segregação social, no que tange ao transporte de passageiros, ocorreu durante a chamada Revolução Industrial. Os navios transportavam, em sua grande maioria, cargas. Os destinados a carga e passageiros, em geral de grande porte, transportavam apenas aqueles que podiam adquirir as passagens, as quais eram em geral onerosas. As composições ferroviárias, da mesma forma que os anteriores, também tinham passagens que variavam no valor; porém, as

viagens de média/longa distância não eram acessíveis a todos; somente àqueles que podiam adquirir os bilhetes (TAGORE e SKIDAR, 1995).

Até nossos dias, esta realidade não se modificou, mas criou diversos problemas de oferta e demanda nos transportes urbanos. As vias, em geral, não evoluem com o aumento da demanda por fluxo. São raros os casos de estudos contínuos de oferta e demanda, os quais sempre se atualizam e aumentam as condições de tráfego, seja individual, seja coletivo (STEFANI, 2007). Alguns instrumentos tem sido desenvolvidos para tal finalidade, como Planos Estratégicos Urbanos, porém, para que estes resultem em benefícios concretos, devem atender as demandas de médio e longo prazo (GOMES FILHO, 2003). A cada dia que passa há mais veículos transitando, sendo os carros representantes do número mais significativo, como a parcela de 58% observada no exemplo da figura 5.

Modelo: Frota por tipo de veículo

Ano: 2009

Mes(es): Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez [Todos]

Município: MACAE

Os totais e subtotais mostrados abaixo, referem-se apenas a informações filtradas de acordo com os parâmetros fornecidos acima.
ND = Dado não disponível ou zero.

Auto=Automóvel, **Moto**=Motocicleta, **MotN**=Motoneta, **Cicl**=Ciclomotor, **Tric**=Triciclo, **Quad**=Quadriciclo, **Onib**=Ônibus, **MOni**=Microônibus, **CamE**=Caminhonete, **CamA**=Caminhoneta, **Cami**=Caminhão, **CamT**=Caminhão Trator, **TraR**=Trator de Rodas, **TraE**=Trator de Esteiras, **TraM**=Trator Mixto, **Rebo**=Reboque, **Semi**=Semi-reboque, **Side**=Side car, **Util**=Utilitário.

Dezembro de 2009																				
Município	Auto	Moto	MotN	Cicl	Tric	Quad	Onib	MOni	CamE	CamA	Cami	CamT	TraR	TraE	TraM	Rebo	Semi	Side	Util	Total
MACAE	42.848	14.656	3.234	11	94	ND	822	578	3.091	4.087	2.438	535	52	2	19	950	614	7	258	74.296

Figura 5 – Estatísticas de Veículos de Macaé no ano de 2009 (DETRAN-RJ, 2010)

O efeito mais perceptivo dos carros é o tempo despendido. Sua significância para os usuários é concreta, visto que os sistemas respiratório e oftalmológico são diretamente afetados quando das inversões térmicas, onde a temperatura é influenciada pelo smog fotoquímico, com o aumento dos índices de contaminantes por unidade de ar. A causa da contaminação, em sua raiz, não é divulgada ostensivamente (MACKLEY, 2009).

Outra percepção está no desrespeito as leis de trânsito. O total de infrações cometidas no Estado do Rio de Janeiro, no ano de 2010 por exemplo, foi de 2.502.933 (dois milhões, quinhentos e dois mil, novecentos e trinta e três). As principais, dentre as 10 maiores incidências de infrações de trânsito, são velocidade superior até 20% da permitida no art. 218 inc. I e desobedecer sinal vermelho ou parada obrigatória (DETRAN-RJ, 2010). Outro ponto são os engarrafamentos diários,

os quais chegam a ultrapassar 150 quilômetros. O trânsito pode chegar ao caos da paralisação se não for repensado continuamente, sem contar as estatísticas de acidentes, que não param de registrar óbitos, lesões e custos hospitalares cobertos pelos impostos. Esta realidade é apavorante (DAVID, 2009).

2.8. Ambiente e Transportes

As emissões do setor de transporte corresponde a 1,3 bilhões de toneladas de dióxido de carbono. Apesar de possui valor significativo, este não é maior que o atribuído a geração de energia termoelétrica a carvão mineral e petróleo. Apesar disso, representa 60% da emissão dos 120 milhões de toneladas de monóxido de carbono; participa com 42% na emissão de óxido de nitrogênio, emitindo 35 milhões de toneladas anuais; e contribui com 40% na emissão de hidrocarbonetos, emitindo 25 milhões de toneladas anuais. Ainda assim, milhões de toneladas de partículas são filtradas pelos pulmões humanos, ao ritmo de 15 quilogramas de ar diário por pessoa.

Estudos do Instituto de Prospectiva e Meio Ambiente de Heidelberg/Alemanha (1999), apontam que um automóvel a gasolina isenta de chumbo, de tamanho médio, com todas as tecnologias para redução de emissões, rodando 13 mil quilômetros anuais durante 10 anos (aproximadamente 35,62 km/dia), produz 44,3 toneladas de dióxido de carbono, 4,8 quilogramas de dióxido de enxofre, 46,8 quilogramas de óxido de nitrogênio, 325 quilogramas de monóxido de carbono, 36 quilogramas de hidrocarbonetos e 26,5 toneladas de resíduos. Suas emissões ácidas causarão a morte de três árvores e danos sérios a outras 30. Além disso, devido aos acidentes de trânsito, encurtar-se-á a vida média em 820 horas, sendo provável um óbito a cada 100 motoristas (DAVID, 2009).

A necessidade de se repensar os transportes, como observado no estudo anterior, é evidente. O esclarecimento e conscientização da sociedade, de uma maneira geral, precisa iniciar antes que a carga de poluentes atmosféricos, nas escalas local e global, seja insuportável, considerando os limites de tolerância de sobrevivência do corpo humano (BRAGA, 2005).

2.9. Poluentes Atmosféricos: Uma Conseqüência às Fontes Energéticas Adotadas

A poluição local do ar é determinada quando existem concentrações superiores de substâncias no estado gasoso, que podem gerar mal-estar a humanos, vegetais ou animais.

Os poluentes podem ser primários – lançados diretamente no ar – ou secundários – formados no meio atmosférico. Segue abaixo a formação de alguns dos principais gases poluentes:

- Monóxido de Carbono (CO): gerado em processos de combustão incompleta.

- Dióxido de carbono (CO_2): principal composto gerado pela combustão completa.

- Óxidos de Nitrogênio (NO_X): as principais fontes desse composto são os processos de combustão, pois reagem com o nitrogênio presente no ar, sendo este o elemento mais encontrado no mesmo.

- Hidrocarbonetos (HC): são gerados da mesma forma que o monóxido de carbono.

- Material Particulado (MP): gerados nos processos de combustão (fuligem e partículas de óleo).

Os poluentes locais, dependendo da quantidade emitida e das condições atmosféricas, podem alcançar grandes raios de ação, passando a serem globais. A poluição global é um dos principais problemas encontrados pela humanidade, e a desestabilização do efeito estufa é um exemplo. A manutenção do clima tem sido afetado pela sobrecarga de poluentes atmosféricos, os quais não conseguem ser reciclados por processos naturais, acumulando-se e retendo calor. Este processo pode elevar a temperatura entre 2°C e 5°C, de 30 a 90 anos.

O dióxido de carbono (CO_2), os clorofluorcarbonos (CFCs), o metano (CH_4) e o dióxido de nitrogênio (N_2O) respondem juntos por 88% do efeito estufa. A sobrecarga de qualquer um destes ou de combinações gera o efeito negativo relatado. O dióxido de carbono, comumente chamado gás carbônico, é um dos mais emitidos por processos considerados comuns, como queima de combustíveis fósseis. Esta combustão libera o carbono, em média 5,8 bilhões de toneladas. O desequilíbrio proveniente da capacidade natural de reciclagem de gases atmosféricos precisa ser analisado de forma cada vez mais abrangente pelos órgãos ambientais. Tal reciclagem, executada pelos oceanos, é estimada em 4 bilhões de toneladas de carbono ao ano. Considerando somente a combustão citada, a sobrecarga já é considerável, fator pelo qual tem-se o desequilíbrio do efeito estufa (HELENE, 1994).

Houghton e Woodwell apud Helene (1994, p.13), afirmam que “nos últimos 160 mil anos existiu uma correlação entre aumentos de temperatura e de concentração de CO_2 na atmosfera. Quando a concentração aumentava de forma significativa, a temperatura também aumentava”. Então, a concentração anormal de CO_2 na atmosfera pode afetar na variação de temperatura.

Como demonstra o gráfico da figura 6, a concentração de CO_2 variou na atmosfera nos últimos 150 anos. Nesse período, a concentração de CO_2 na atmosfera variou de 280ppm para 350ppm, ou seja, de 580 bilhões para 730 bilhões de toneladas. Os processos de combustão incrementaram a concentração de CO_2 na atmosfera em 25%. Desde a Revolução Industrial, o carbono tem sido um dos principais problemas de co-geração, sendo os países considerados desenvolvidos responsáveis por 70% da co-geração global do mesmo.
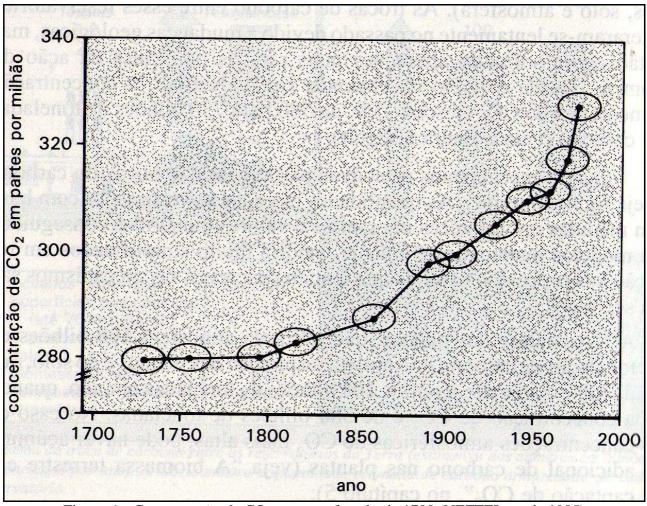
Figura 6 – Concentração de CO_2 na atmosfera desde 1700 (NEFTEL *et al.*, 1985)
Obs.: uma parte por milhão de CO_2 equivale a 2,1 bilhões de toneladas de carbono na forma de CO_2.

Tanto entre países considerados subdesenvolvidos, como entre os desenvolvidos, temos grandes exemplos de sistemas de transportes públicos que contribuem para uma diminuição na emissão de gases poluentes e na geração e/ou co-geração de anomalias no efeito estufa. A Holanda é um exemplo exitoso de países que adotaram sistemas ferroviários de transporte de passageiros, além de outras alternativas que visam a coletividade em detrimento da individualidade (TÁVORA, 2009).

Como é amplo o uso de combustíveis fósseis para o transporte em todo o mundo, a reordenação do transporte de carga e de passageiros, com a introdução de frotas de ônibus nas grandes cidades e o uso de trens leves, assim como a reurbanização, são fundamentais para diminuir o consumo de combustíveis fósseis e a incidência do chamado smog fotoquímico.

O potencial de eficiência energética nos transportes, por exemplo, poderia ser mais bem explorado. A cada ano, os 420 milhões de automóveis do mundo despejam cerca de 600 milhões de toneladas de carbono na atmosfera, 11% do total emitido pela queima de combustíveis fósseis.

Projeções indicam que essas emissões aumentarão em 25%, acompanhando o aumento do número de veículos, até o ano 2000 (HELENE, 1994).

Se o transporte coletivo fosse aperfeiçoado e o uso de bicicletas para pequenas viagens fosse intensificado, as emissões de carbono pelos veículos automotivos poderiam cair até pela metade do nível em que se encontram hoje. Uma importante medida seria criar um imposto sobre o consumo de combustíveis fósseis. Os países que mais queimam combustíveis fósseis pagariam maiores impostos, e assim sucessivamente, o que provavelmente incentivaria a redução deste consumo e aprimoraria fontes pouco utilizadas. Esta medida poderia até mesmo incentivar as pesquisas e ajudar na criação de novas fontes energéticas (ASSIS, 2001).

3. METODOLOGIA

A consolidação dos objetivos propostos neste trabalho é dividida em quatro etapas.

Na primeira etapa, foi analisada a condição atual da ferrovia, a concessão privada e a nova parceria público-privada. Na segunda etapa, foram pesquisadas as normas restritivas de emissões de poluentes atmosféricos para veículos automotivos e para o VLT. Na terceira etapa, foi elaborado um levantamento do quantitativo de emissões de poluentes de um veículo automotivo popular e do VLT. Na quarta etapa, foram feitas as equivalências necessárias (número de carros substituídos por cada VLT) e cruzadas previamente as emissões reais estimadas (dos automotivos e dos VLTs) e as padronizadas por cada norma. Na sequência, foram cruzados os dados em equivalência, retiradas as diferenças de emissões e quantificadas as cargas volumétricas poluentes estimadas que são emitidas, e, as que se pode deixar de emitir por dia, semana, mês e ano. Tais procedimentos foram acordados com os tipos de dados processados na segunda etapa e consideraram cenários com os potenciais usuários do VLT, provenientes dos veículos automotivos.

3.1. Condições da Ferrovia: Funcionalidade

As pesquisas preliminares sobre a ferrovia na cidade de Macaé iniciaram em meio a um cenário onde sua operação de carga era quase inexistente. Dados sobre as condições da via, suas necessidades e possíveis locais conflitantes (passagens de nível, ocupações habitacionais, etc.) foram estudados através de visitas de campo. Os locais de possíveis atendimentos na via se estabeleceram com a contribuição de alunos, profissionais especializados, ferroviários e profissionais aposentados, através de exposições e debates.

Profissionais aposentados, ex-ferroviários, ajudaram na localização e identificação dos antigos locais de maior fluxo de cargas e passageiros, colaborando assim com a elaboração de um documento denominado Projeto-piloto Macaé Ferrovia (janeiro/2007), o qual trata dos possíveis locais para o atendimento de passageiros e considera todas as contribuições citadas.

3.2. Normas Restritivas

Como os dados de poluentes atmosféricos provenientes de automotivos são específicos, obteve-se os mesmos através do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, desenvolvido pela Coordenação Geral de Controle e Qualidade Ambiental da Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Criado a partir da necessidade de um programa nacional que

controlasse as emissões atmosféricas de origem veicular, o programa, instituído em 1986 e atualizado em 2002 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, através da Resolução CONAMA nº 315, foi responsável por uma significativa redução nos níveis de emissão em veículos automotores.

Uma série de diretivas da União Européia, definidas pela Comissão Européia em consenso com o Parlamento Europeu, determinaram os parâmetros do Padrão Europeu de Emissões, gerando a norma técnica EURO, relativa aos motores a gasolina e a diesel, como os utilizados na fabricação do VLT.

Os órgãos reguladores modificam periodicamente tais regulamentos, a fim de que se façam progressos na redução das emissões de poluentes. Destas normas e resoluções, foram utilizadas quantificações máximas permitidas de poluentes atmosféricos emitidos.

3.3. Levantamento da Emissão de Poluentes Atmosféricos

Os dados relativos aos poluentes automotivos foram obtidos na Consulta dos Níveis de Emissão dos Veículos Novos Brasileiros, disponibilizada na rede mundial de computadores pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Os que se referem a emissões do VLT são determinados pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos através do documento ‘Desenvolvimento e Fabricação de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para Transporte Urbano e Regional de Passageiros – VLT Padrão Nacional – Especificação Técnica’.

3.4. Processamento de Dados

As terceira e quarta etapas analisam a capacidade de transportes estimada, calculam a quantidade volumétrica de poluentes emitidos e comparam-na entre modais de transportes, além de estimar, de forma confiável, quanto de cada poluente atmosférico pode vir a não ser emitido, através da adoção de dados relativos a um automotivo de menor carga de emissão. Como não se tem o tráfego veicular constituído apenas pelo modelo automotivo adotado, majora-se a confiabilidade dos resultados, pois no tráfego veicular vários modelos de maiores cargas de emissão – em comparação a do modelo adotado – circulam diariamente. Dessa maneira, se trabalha com uma condição ideal, na qual se considera que o tráfego é composto por apenas automotivos que emitem a mesma carga poluente que o modelo adotado.

A análise dos gases de escapamento de veículos rodoviários automotores leves a gasolina – ABNT-NBR 6601 – tem metodologia preconizada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (vide anexo B).

O procedimento metodológico aplicado para determinar os gases provenientes de motores a diesel e sua quantificação (vide anexo C) é descrito no ciclo de testes *ESC* (*European Stationary Cycle*) e no *ELR* (*European Load Response*), responsáveis pela certificação de emissões de motores a diesel na Europa a partir do ano 2000 (*Directive 1999/96/EC*).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Condição Atual da Ferrovia

A ferrovia em Macaé possui sua meso e infra-estruturas consolidadas, além de uma estação (Centro), uma área de oficina (Centro), uma base de estação (Torguá/Cabiúnas), uma estação-residência (Imboassica), diversas PNs (passagens de nível) sinalizadas e serviços de conserva. Com uma extensão urbana aproximada de 23km (trecho Torguá/Cabiúnas-Imboassica), a via férrea abrange, ao longo de seu percurso, um total de 10 bairros.
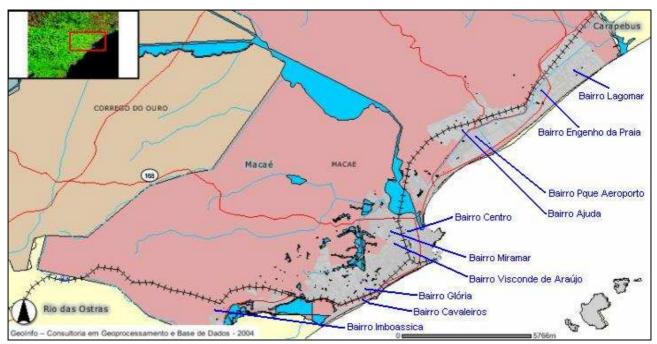
Figura 7 – Bairros que demandam modais coletivos consideravelmente (GEOINFO/PMM, 2004)

A crescente demanda por transportes urbanos, principalmente os coletivos, faz com que a ferrovia, hoje subutilizada, seja um diferencial nas opções vigentes por possuir a maior parte de seus custos estruturais consolidados. Dessa maneira, temos que o modal ferroviário tem importância fundamental na implantação do Sistema Integrado de Transportes, no qual diversos modais funcionam integrados na bilhetagem e na oferta/demanda de usuários, para que o atendimento ao público seja o melhor possível (figura 7). A esporádica operação realizada pela concessionária ferroviária (FCA) e a nova parceria público-privada proporcionam tal iniciativa.

4.1.1. Análise da Via Permanente e da Viabilidade de um Projeto-piloto

A via permanente presente na cidade de Macaé foi projetada para o transporte ferroviário na modalidade carga, ou seja, transporte de matérias primas, mercadorias e produtos em geral. Seu dimensionamento técnico se deu utilizando materiais e métodos de cálculo que utilizavam fatores majorantes, ou seja, sua segurança estrutural pode ser constatada até os dias atuais. Como as ferrovias destinadas a passageiros possuem menores valores de majoração com relação às destinadas a cargas, temos que a via permanente pode receber este tipo de modalidade sem problema algum. Certamente que os serviços de conserva e manutenção precisam atuar em todo o trecho de via antes de esta ser liberada para as operações ferroviárias, e, também periodicamente, a fim de serem preventivos (figuras 8, 9 e 10).

Figura 8 – Exemplo de carro de linha para manutenção preventiva (acervo do autor)

Figura 9 – Exemplo de litorina de transporte de operários para conserva de via (acervo do autor)

Figura 10 – Exemplo de litorina de manutenção de via (acervo do autor)

A via permanente apresenta-se bem estruturada, porém é necessária a presença das equipes técnicas mantenedoras, como visto. O trecho que merece maior atenção por parte das equipes de conserva e manutenção é o localizado na Ilha Leocádia (figura 11). No estudo de viabilidade, temos o estado dos componentes da via permanente no local:

- Estudo de trecho – Ilha Leocádia:
  - Bom estado da base/saia do aterro;
  - Regular estado do sublastro (verificar trechos);
  - Regular estado da banqueta (verificar trechos);
  - Necessidade de reforço do lastro (alguns trechos);
  - Necessidade de troca de dormentes (verificar trechos);
  - Necessidade de verificação da resistência - trilhos;
  - Necessidade de revisão dos fixadores - grampo de linha, tirefond, placa de apoio, acessórios;
  - Bom estado das pontes (em concreto armado à direita; e em estrutura metálica à esquerda).

Figura 11 – Detalhe da Ilha Leocádia (GOOGLE EARTH, 2011)

Como sabe-se, a Ilha Colônia Leocádia é uma Unidade de Proteção Integral Municipal, sendo que ocupações irregulares têm sido verificadas no local. Uma solução para tal questão, através de adequação ou remanejamento, seria o Programa Casa da Gente, do CREA-RJ (2011). O programa de responsabilidade social dos engenheiros e arquitetos tem como objetivo principal proporcionar moradia digna às famílias residentes em áreas especiais (encostas, etc.) e de preservação ambiental. Sua ação enfoca uma parceria com a Prefeitura, a Caixa Econômica Federal, e com as Associações de Engenheiros e Arquitetos, a fim de viabilizar o que está preconizado no Estatuto das Cidades, do Ministério das Cidades, através da assistência técnica gratuita para projetos de arquitetura e instalações, além do acompanhamento da obra; itens fundamentais para segurança e qualidade da moradia.

Ainda no estudo de viabilidade, a modalidade passageiros remete ao Programa Trilhos Urbanos, do Ministério das Cidades (2006). A Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana (SEMOB), é responsável pela elaboração e projetos de implantação de transporte ferroviário urbano, os quais tem por finalidade a contribuição para melhoria da prestação de serviços de transporte metro-ferroviário estaduais ou municipais e a liberação de recursos para modernização e expansão do sistema. Sua ação baseia-se no Relatório de Impacto ambiental (EIA/RIMA) e em projetos básicos visando a definição da concepção da modalidade do sistema de transporte a ser adotado para a região analisada, em função de suas especificidades e potencialidades. No caso em questão, como a ferrovia já está consolidada, o Programa Trilhos Urbanos pode ser um fator impulsionante. Outro seria o Programa de Destinação do Patrimônio da extinta RFFSA para Apoio ao Desenvolvimento Local, do Ministério do Planejamento (2009), o qual proporciona a observância de novos horizontes para as ferrovias, tem como objetivo principal apoiar ações locais nas áreas de desenvolvimento social, urbano e ambiental mediante a regularização, cessão ou compartilhamento da gestão de imóveis da União oriundos da extinta Rede Ferroviária Federal S.A., visando, por sua vez, assegurar o cumprimento da função sócio-ambiental desse importante patrimônio público. O programa destina-se a municípios e entidades privadas sem fins lucrativos interessadas na utilização de imóveis da União oriundos da extinta RFFSA para fins de implantação de programas, projetos e ações locais de desenvolvimento social, urbano e ambiental.

Conforme relatado, tem-se dois bons instrumentos para uma remodelagem operacional e um estudo paralelo de sistemas sustentáveis ligados a esta. Os sistemas de transporte, em específico o ferroviário, têm a função de movimentar variados produtos e atividades humanas. Sem estes sistemas, não há nada relativo ao bem estar humano; ou seja, são de fundamental importância para os cidadãos. Sua gestão adequada é premissa básica para que os aspectos territoriais, sociais, econômicos e ambientais possam ser os mais otimizados e adaptados possíveis.

Alguns elementos são fundamentais para a gestão, e um deles é a implementação de um Centro de Controle Operacional (CCO). Sabe-se que qualquer cidade com toda a sua malha de transportes em pleno funcionamento deve possuir um CCO (figura 12). O centro tem a função de monitorar, por exemplo, no caso em estudo, as condições da via permanente via sistema eletro-técnico, ou seja, o deslocamento H/V dos trilhos. Além do monitoramento da via, as locomotivas podem ser dotadas de GPS, efetivando outro serviço de monitoramento: o de posicionamento global. Os aparelhos de mudança de via também podem ser controlados pelo centro através de dispositivos eletro-mecânicos.

Para que se tenha uma boa operação do Centro de Controle Operacional, outros fatores precisam estar presentes:

- Existência de Parque de Manutenção (oficinas);
- Existência de Litorinas de Serviços Externos (conserva e manutenção);
- Necessidade de controle operacional por profissionais habilitados;
- Necessidade de cercamento e passarelas aéreas, se for o caso.
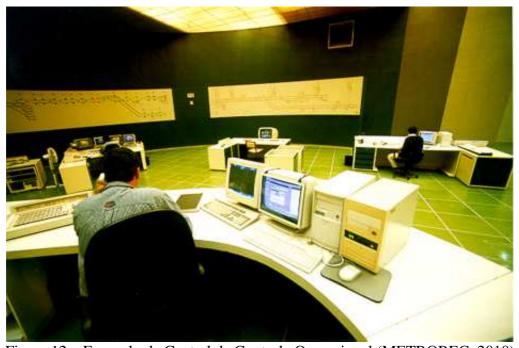
Figura 12 – Exemplo de Central de Controle Operacional (METROREC, 2010)

Como são citados fatores de segurança anteriormente, o Sistema de Segurança Total (SST) complementa o CCO. O SST informa que, em primeira alternativa, podem ser instaladas balizas, cancelas e cabines fixas nos cruzamentos de nível, de forma a evitar poluição sonora e problemas com veículos desordeiros (figura 13). Passarelas aéreas também podem ser adaptadas aos cruzamentos, fazendo com que haja conforto e segurança na travessia dos pedestres. As cidades européias apóiam esses elementos como forma de educar o trânsito e visar a sustentabilidade dos sistemas de transporte.

Figura 13 – Exemplo de passagem de nível com barreira (ROSALVO, 2005)

4.1.2. Elaboração do Projeto-piloto Macaé Ferrovia

As condições precárias da ferrovia em Macaé-RJ, subutilizada pela concessão ferroviária como rota entre mercados e transporte de derivados de petróleo, fez com que, a partir do ano de 2005, fosse elaborado o Projeto-piloto Macaé Ferrovia, a fim de propor a revitalização do eixo ferroviário urbano. O projeto teve como base uma remodelagem operacional, através de uma nova proposta ferroviária: o serviço para passageiros. Através deste, a consequente obtenção da valoração do patrimônio histórico ferroviário, do sistema de drenagem urbana e controle de encostas e áreas verdes associados a ferrovia, por exemplo, retoma a importância do modal para o município e o caracteriza como sustentável.

Observadas as condições da ferrovia e analisada a viabilidade de utilização da mesma, os diagnósticos preliminares de infra-estrutura pública também devem passar pela opinião da sociedade civil para um melhor entendimento e elaboração das ações. A pesquisa ouviu alunos do ensino médio, autoridades locais, ferroviários, ex-ferroviários e aposentados no ano de 2006, totalizando aproximadamente 200 pessoas. Através de exposições e debates, foram colocadas as mais diversas visões sobre as condições viárias da cidade de Macaé, e, especificamente, sobre a importância do modal ferroviário para atender a população. Os resultados gerais seguem enumerados abaixo:

1 – Escolha dos bairros para as estações com vista ao trem urbano de passageiros:

- Imboassica;
- Glória;
- Centro;
- Ajuda;
- Engenho da praia.

2 – Conformidade com o EIA/RIMA e atrações turísticas municipais:

- Lagoa de Imboassica e eixo praiano;
- Estação Central funcional;
- Morro de Santana;
- Ilha Colônia Leocádia e rio Macaé;
- Restinga do Engenho da Praia.

3 – Participação na questão intermunicipal e serrana:

Neste caso, a análise realizada chegou a conclusão de que a implantação de um sistema local funcional pode acarretar numa expansão do serviço, do tipo interligação entre sistemas. A atuação direta visa, a princípio, o sistema ferroviário municipal. A estação central pode ser reformulada de acordo com as novas necessidades, ou seja, estudo de anexação de plataforma de passageiros e bilheteria integrada a segurança, com elaboração de croqui descritivo.

4 – Diagnóstico ponto-a-ponto dos locais previamente estudados para estações de acesso:

A tabela 3, de acordo com o tópico 1, relata os locais visitados a analisados para recebimento das estações.

Tabela 3 – Estudo de Estações e Terminais

Estação	**Tipo**	**Área (m^2)**	**Atendimento Direto**	**Atendimento Indireto**	**Condição de via**	**Entron-camento**	**Obs.:**
Engenho	Terrestre	180x50	Local.	Pque Lagomar.	Regular	Não	Extensão especial até Cabiúnas.
Ajuda	Aérea	200x40	Local; Vila Badejo; Jardim Carioca.	Pque Aeroporto.	Regular	Sim	Presença de cruza-mento.
Centro	Terrestre	Definir.	Local.	Definir.	Revisão	Sim	Reformular Estação; Presença de cruza-mento.
Glória 1	Terrestre	100x40	Local.	Cavaleiros.	Ruim	Não	Caminho ecológico.
Glória 2	Aérea	80x20	Local.	Cavaleiros.	Ruim	Não	Presença de cruza-mento.
Imboassica	Terrestre	100x40	Local.	pque industrial.	Regular	Sim	Reformular Estação.

Fonte: elaboração do autor.

A partir da tabela 3, temos a memória de cálculos preliminar na tabela 4, que considera distâncias, velocidades e tempos totais de percurso.

Tabela 4 – Cálculos de Distâncias e Tempos de Percursos

Distância		**Metros (m)**
Localidade 1	**Localidade 2**	
Engenho da praia	**Ajuda**	**3.800**
Ajuda	**Centro**	**6.650**
Centro	**Glória 2**	**3.587**
Centro	**Glória 1**	**3.712**
Glória 2	**Imboassica**	**6.562**
Glória 1	**Imboassica**	**6.437**
	Distância total (m)	**20.599**
Distância total (km)	**20,599**	
Velocidades diretas	**Tempo de percurso (h)**	**Tempo de percurso (min.)**
40 km/h	**0,52 h**	**31,2 min.**
60 km/h	**0,34 h**	**20,4 min.**
80 km/h	**0,26 h**	**15,6 min.**

Fonte: elaboração do autor.

Como a quantidade de veículos em rodagem na cidade gera períodos de *rush* durante os dias de semana (segunda a sexta), um quadro de horários preliminar para a operação ferroviária (tabela 5) considerou a liberação desses períodos, para que somente os automotores transitem sem interferências. As porcentagens estimam a mínima lotação por período para cada VLT.

Tabela 5 – Elaboração de Quadro de Horários Preliminar

Horário \ Fluxo	**25%**	**50%**	**75%**	**100%**
6h ~ 7h				X
período de *rush*				
9h ~ 10h30min.		X		
10h30min. ~ 11h			X	
período de *rush*				
14h ~ 17h		X		
período de *rush*				
18h30min. ~ 21h30min.			X	

Fonte: elaboração do autor.

A abrangência de bairros comentada anteriormente determinou o planejamento inicial das estações no projeto-piloto. Começando o trajeto, tem-se a estação terminal Engenho da Praia, a qual pode se localizar em um dos seguintes locais:

- Ao final da Avenida Lagomar (figuras 14 e 15);

- Ao final da Rua 11 (figura 16).

Figura 14 – Avenida Lagomar no bairro Engenho da Praia (acervo do autor)
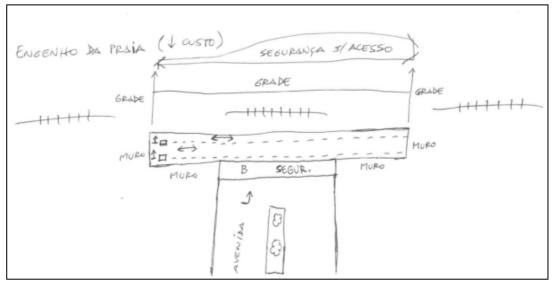
Figura 15 – Croqui da estação terminal Engenho da Praia ao final da Avenida Lagomar (elaboração do autor)
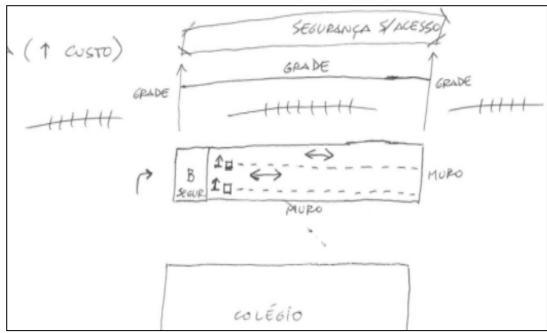
Figura 16 – Croqui da estação terminal Engenho da Praia ao final da Rua 11 (elaboração do autor)

Esta estação abrange os bairros Engenho da Praia e Parque Lagomar. Os croquis consideram a bilheteria (B) integrada a segurança de entrada (SEGUR.), a segurança de plataforma auxiliada pelo gradeamento (SEGURANÇA S/ ACESSO) e amuralhamento (MURO), os assentos para os usuários (quadrados e pontilhados) e suas orientações (setas), o fluxo de usuários (setas duplas), a linha férrea (+++) e a entrada (seta curvada). A cobertura das plataformas é em telhado colonial.

Na sequência do trajeto, tem-se a estação Ajuda. Esta possui a particularidade de poder ser elaborada de duas maneiras: com acesso terrestre, de menor custo (figura 18), ou aéreo, de maior custo, pois implanta passarela (figura 19). Em ambas opções, está localizada paralela a Avenida 1 (figura 17).

Figura 17 – Avenida 1, à direita, no bairro Ajuda (acervo do autor)
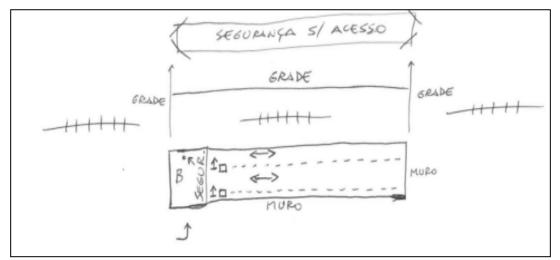
Figura 18 – Croqui da estação Ajuda paralela à Avenida 1 – opção 1 (elaboração do autor)
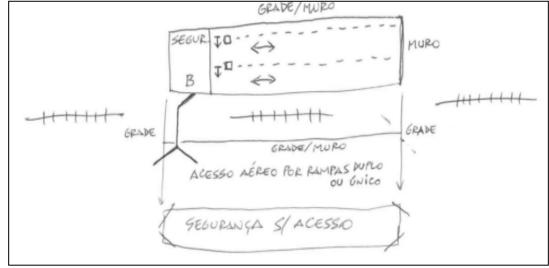
Figura 19 – Croqui da estação Ajuda com acesso aéreo pela Avenida 1 – opção 2 (elab. do autor)

Esta estação abrange os bairros e localidades Ajuda, Parque São José, Parque Atlântico, Parque Aeroporto, Vila Badejo e Jardim Carioca. Na sequência do trajeto, tem-se a estação Central (figura 20). Como esta possui toda a estrutura para receber e gerenciar o modal ferroviário, apenas possui a necessidade de uma plataforma de embarque/desembarque de passageiros (figura 21). O acesso à mesma está localizado na Rua Marechal Deodoro.

Figura 20 – Detalhe da estação Central, no bairro Centro (acervo do autor)
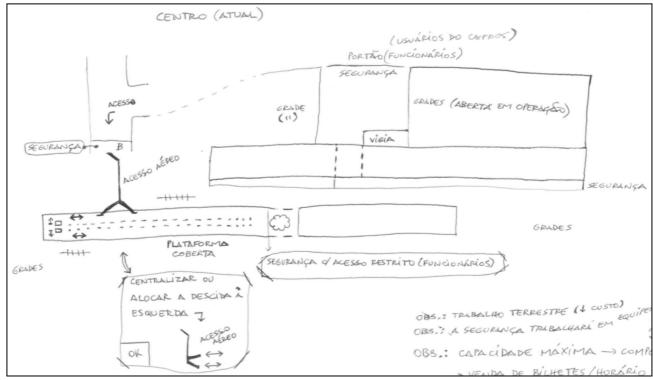
Figura 21 – Croqui da estação Central com detalhe do acesso aéreo por passarela pela Rua Marechal Deodoro (elaboração do autor)

Esta estação abrange os bairros Centro, Cajueiros, Miramar e Visconde Araújo. Na sequência do trajeto, tem-se a estação Glória. Esta pode se localizar em um dos seguintes locais:

- Paralela à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (figuras 24 e 25);
- Abaixo do talude próximo à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (figuras 22 e 23).

Figura 22 – Opção 1 para a estação Glória ao pé do talude próximo à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (acervo do autor)
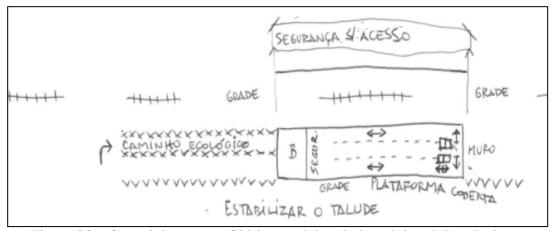
Figura 23 – Croqui da estação Glória ao pé do talude próximo à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (elaboração do autor)

Figura 24 – Opção 2 para a estação Glória paralela à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (acervo do autor)
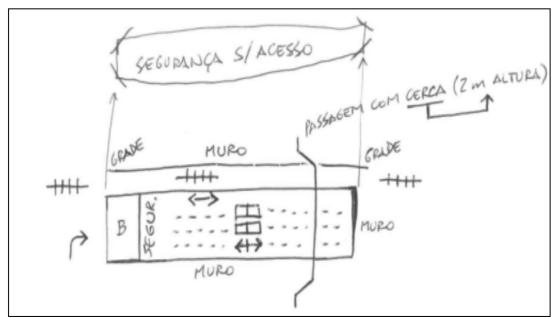
Figura 25 – Croqui da estação Glória paralela à Rua Dolores Carvalho de Vasconcellos (elaboração do autor)

Esta estação abrange os bairros Glória, Cavaleiros, Cancela Preta e Riviera Fluminense. Observe na opção 2 o detalhe da passarela aérea que substituiria o atual caminho de pedestre que dá acesso ao bairro Cavaleiros. Na sequência do trajeto, tem-se a estação Imboassica (figuras 26 e 27). Esta se localiza à estrada municipal MC88 (paralela à rua A).
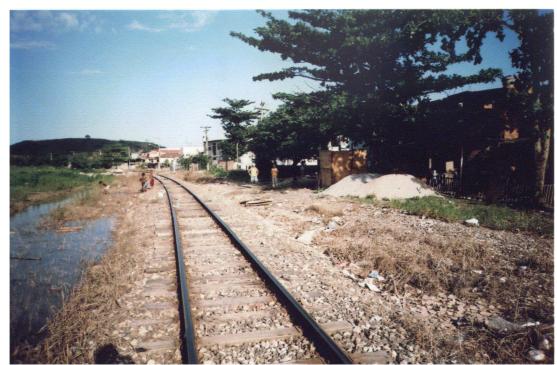
Figura 26 – Estrada municipal MC88, à direita, no bairro Imboassica (acervo do autor)
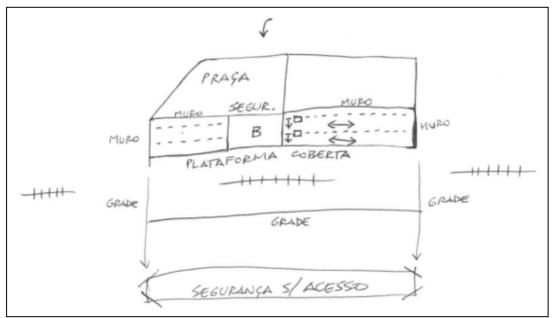
Figura 27 – Croqui da estação Imboassica paralela à estrada municipal MC88 (elaboração do autor)

Esta estação abrange o bairro Imboassica e o parque industrial localizado no mesmo.

É importante citar que, quando o transporte de cargas múltiplas era uma constante na cidade, haviam três estações, sendo elas a de Imboassica, a Central (que ora foi localizada à altura da Rua Télio Barreto e atualmente está à altura da Rua Marechal Deodoro) e a de Torguá (Cabiúnas). Dessas, somente a Central se encontra edificada até os dias de hoje, como visto.

As novas estações podem ser construídas integral ou parcialmente com materiais alternativos, substituindo os tradicionais correspondentes. O reprocessamento e/ou incorporação de entulhos específicos da construção civil, além de outros como palha e cinza volante provenientes da

cana, que se incorporam no concreto e cimento, respectivamente, sendo o primeiro para reforço em fibras e o segundo economizando material cimentício como filler aditivo, é um exemplo. Os materiais de construção alternativos, acordados com as NBRs, podem ser insumos para os projetos executivos das novas estações e plataformas de embarque/desembarque. Utilizando tais materiais, há economia de energia com a redução dos processos de extração mineral e processamento industrial. A reutilização de entulhos específicos da construção civil e de resíduos da cana, como exemplificado, demanda apenas uma parcela da energia consumida pelos processos tradicionais, além de conservar jazidas por mais tempo, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Toda a operação ferroviária está baseada na estrutura física. O sucesso de um modal de transportes concentra-se nesta característica, na sua operação e em seu *marketing*. A operação ferroviária, assim como a locação de estações e terminais, tem um arranjo inicial simplificado:

- Os terminais são atendidos por dois trens, de acordo com o estudo de série evolutiva, sendo que um trem extra precisa estar sempre de prontidão. Tem-se então um total de três trens, sendo dois operando e um em espera, pois a manutenção periódica dos operantes é necessária;

- Os trens operantes percorrem trajetos de forma alternada, sendo a parte central da malha quadruplicada em relação às extremidades. Dessa forma, se encontram apenas na estação central em sentidos contrários e em linhas distintas, podendo se mover de forma contínua.

A integração estação-operação se deve, primeiramente, ao levantamento de campo. Constituído de estações base, essas delimitam de certa forma a área urbana abrangida pelo estudo em questão.

A integração de transportes proposta tem como elemento de inserção (modal) o trem de passageiros, que em uma análise inicial, observa a necessidade de três estações, sendo duas terminais de passageiros, nos seguintes bairros:

- Imboassica;
- Centro (Central);
- Engenho da Praia.

As estações intermediárias, subseqüentemente, tem um levantamento por área, como segue:

- Glória - abrangência: Bairro Glória, Cavaleiros, Cancela Preta, Riviera Fluminense.

- Ajuda - abrangência: Ajuda, Parque São José, Parque Atlântico, Parque Aeroporto, Vila Badejo, Jardim Carioca.

Temos ainda que os bairros citados anteriormente também abrangem outros, como Miramar, Visconde Araújo, Cajueiros e Parque Lagomar, além de um parque industrial.

Os mapas abaixo são os responsáveis pela distribuição das estações base. Estas foram distribuídas de forma a abranger a maior quantidade de bairros possível.
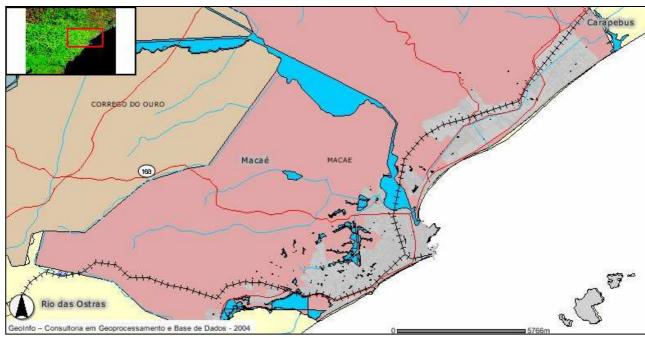
Figura 28 – Detalhe da linha férrea na cidade de Macaé (GEOINFO/PMM, 2004)

Figura 29 – Detalhe das alocações de estações base e intermediárias (GOOGLE EARTH, 2007)

4.1.3. Análise da Parceria PMM – CENTRAL – ANTT – FCA

No ano de 2009, foi estabelecida uma parceria pelo executivo municipal a fim de estabelecer o SIT na cidade de Macaé. A CENTRAL, estatal estadual especializada em transportes, é responsável pela correta operação do modal. A FCA, empresa privada, é responsável pela manutenção e conservação das vias. A ANTT, estatal federal regulamentadora de transportes terrestres, estabelece os requisitos mínimos necessários para todo o processo de implementação e funcionamento. A Lei municipal nº 3.313, a qual autoriza a implantação do Projeto MetroMacaé, está disponibilizada em anexo (vide anexo A).

A parceria pode alavancar um novo modelo de oferta de transportes coletivos, o qual precisa acompanhar com dinamismo a crescente demanda. Transportar as pessoas com agilidade e eficiência tem sido sempre o maior desafio dos gestores municipais.

O Sistema Integrado de Transportes é, sem dúvida, uma alternativa versátil frente a problemática do crescimento urbano desordenado, como ocorre em Macaé. Os modais de transportes que podem ser inseridos em tal sistema precisam integrar a malha de transportes da cidade como um todo, sendo prioritários, como no caso dos transportes rodoviários de carga executados no anel viário da cidade (linha verde – RJ 168 – linha azul). A integração pode ocorrer nos seguintes casos: entre o terminal ferroviário do Engenho da Praia e o terminal de ônibus urbano Lagomar; entre a estação ferroviária da Ajuda e o terminal de ônibus urbano Cehab; entre a estação ferroviária do Centro e o terminal de ônibus urbano Central; entre a estação ferroviária da Glória e a ciclovia Glória-Novo Visconde; entre o terminal ferroviário de Imboassica e o terminal de ônibus urbano Parque de Tubos. Tal sistema abrange 19 bairros diretamente.

O fluxo contínuo e o constante monitoramento por meio de centrais de controle operacional garantem a funcionalidade da malha, além de possibilitar a correção de possíveis falhas.

4.2. Limites de Emissões para Poluentes Atmosféricos

A maior parcela de poluentes atmosféricos nas cidades é proveniente do tráfego automotivo. Um método efetivo para reduzir tais emissões e melhorar a qualidade do ar tem sido desenvolvido e determinado pela legislação de padrões de emissão, a qual tem sido imposta aos veículos fabricados e vendidos na Europa desde 1992. Essa legislação é conhecida como Padrão Europeu de Emissões e tem sido definida dentro das Diretivas da União Européia.

A determinação dos limites aceitáveis na emissão de veículos vendidos na União Européia engloba óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP).

O Padrão Europeu de Emissões é uma norma que disciplina as emissões de veículos novos comercializados na União Européia. Abaixo, segue na tabela 6 a evolução do padrão ao longo dos anos para motores a diesel (unidade g/kWh; fumaça em m^{-1}):

Tabela 6 – Evolução do Padrão Europeu de Emissões para motores diesel

Tier	Date	Test cycle	CO	HC	NO_x	PM	Smoke
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	October 1996		4.0	1.1	7.0	0.25	
	October 1998		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	*October 1999 EEVs only*	*ESC & ELR*	*1.0*	*0.25*	*2.0*	*0.02*	*0.15*
	October 2000	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	October 2005		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	October 2008		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI	January 2013		1.5	0.13	0.4	0.01	

* for engines of less than 0.75 dm^3 swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3,000 per minute. EEV is "Enhanced environmentally friendly vehicle".

Fonte: WIKIPÉDIA, 2011.

A tabela 7, similar a anterior, descreve a emissão máxima permitida – EURO 3/VLT CBTU:

Tabela 7 - Limites de emissões de gases de escape para motores diesel

Standard	Date	CO (g/kWh)	NO_x (g/kWh)	HC (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro 0	1988–1992	12.3	15.8	2.6	none
Euro I	1992–1995	4.9	9.0	1.23	0.40
Euro II	1995–1999	4.0	7.0	1.1	0.15
Euro III	1999–2005	2.1	5.0	0.66	0.1
Euro IV	2005–2008	1.5	3.5	0.46	0.02
Euro V	2008–2012	1.5	2.0	0.46	0.02

Fonte: WIKIPÉDIA, 2011.

No Brasil, similar ao modelo europeu, tem sido elaborada uma norma que controle com cada vez mais eficiência a emissão de poluentes atmosféricos emitidos por veículos automotores. Em seis de maio de 1986, foi elaborada a Resolução CONAMA nº18, a qual dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE.

As novas etapas do programa foram elaboradas em 29 de outubro de 2002, com a Resolução CONAMA nº315. Segue abaixo um trecho do artigo 4 da Resolução CONAMA nº 315/2002, que descreve a emissão máxima permitida por quilômetro – automóvel:

- Monóxido de carbono (CO): 2,0 g/km;
- Hidrocarbonetos não metano (NMHC): 0,05 g/km;
- Óxidos de nitrogênio (NOx) para motores do ciclo Otto: 0,12 g/km;
- Aldeídos (HCO), somente para motores ciclo Otto (exceto gás natural): 0,02 g/km.

A Comissão Européia, órgão executivo da União Européia, é responsável por propor a legislação, implementação de decisões, e manter os tratados da União. O Projeto *European MEET – Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions* – relata os consumos e as eficiências dos veículos europeus.

O TGV Duplex, tração elétrica em 8.800 kW e eficiência aproximada de 18 kWh/train-km (*EUROPEAN COMMISSION*, 1997) e o VLT Combino/Avanto, tração elétrica em 750 kW e eficiência aproximada de 1,53 kWh/vehicle-km (SIEMENS, 2007) parametrizam o VLT CBTU, tração diesel-elétrica em 600 kW. Logo, sua eficiência aproximada será de 1,23 kWh/vehicle-km.

Sabendo que a distância percorrida por cada um dos dois VLTs operacionais é de 20,599 km/trajeto, sendo 17 trajetos/dia a uma velocidade média de 40 km/h, calcula-se:

$$(\mathbf{v}) \times (\mathbf{e}) \times (\mathbf{q} \times \mathbf{t}) \times (\mathbf{p_{E3}}) = \mathbf{P_{E3}} \qquad (1)$$

Onde:

v = 2 vehicles (dois VLTs);

e = eficiência aproximada do VLT;

q = quilometragem do trajeto;

t = trajetos diários;

$\mathbf{p_{E3}}$ = poluente considerado pela EURO 3;

$\mathbf{P_{E3}}$ = resultado do poluente calculado, em g/dia.

Considerando uma rodagem média diária de 20,599 km para o automóvel, e que, em um primeiro cenário todos os usuários dos VLTs são provenientes dos automóveis (358), calcula-se:

$$(\mathbf{v}) \times (\mathbf{n}) \times (\mathbf{d}) \times (\mathbf{p_{RC}}) = \mathbf{P_{RC}} \qquad (2)$$

Onde:

v = 2 vehicles (dois VLTs);

n = número de usuários;

d = quilometragem diária;

$\mathbf{p_{RC}}$ = poluente considerado pela Resolução CONAMA;

$\mathbf{P_{RC}}$ = resultado do poluente calculado, em g/dia.

Fazendo os cálculos de comparação, os quais consideram os limites (máximos permitidos), a partir das equações 1 e 2, seguem os resultados na tabela abaixo (unidade g/dia):

Tabela 8 – Comparativo de emissões máximas entre automóveis e VLTs

Veículo \ Poluente	CO	NO_X	NMHC	MP	HCO
Automóveis	29.497,8	1.769,9	737,4	–	295,0
VLTs	1.809,1	4.307,3	568,6	86,2	–
Diferença Comp.N	**27.688,7**	**2.537,4**	**168,8**	**86,2**	**295,0**

Fonte: elaboração do autor.

Como a emissão mais significativa nos cálculos é a de monóxido de carbono (CO), mesmo que calculemos a diferença comparativa em termos de poluentes totais, temos que os automóveis podem chegar a emitir 25.528,9 g/dia a mais de poluentes atmosféricos que os VLTs. Então, considerando as normas e resoluções, pode-se deixar de emitir, por dia, 27.688,7g de CO, 168,8g de NMHC e 295,0g de HCO; o que totaliza 28.152,5g, valor este muito superior as 2.623,3g geradas pela diferença e referentes aos VLTs.

4.3. Estimativa das Emissões de Poluentes Atmosféricos

4.3.1. Estudo de Material Rodante Ferroviário

A especificação técnica determinada pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos, estatal federal, objetiva a indicação das características técnicas, operacionais, de segurança e conforto relacionadas a padronização, desenvolvimento e fabricação pela indústria ferroviária nacional, de um moderno Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, que tanto possa ter sua linha de produção adequada as tecnologias e conceitos que caracterizam os veículos urbanos, que operam em circunstâncias de curtos trajetos e paradas sucessivas, quanto para possibilitar sua operação sob a forma de veículo de transporte regional de passageiros, atendendo a padrões de viagens entre cidades conurbadas ou distantes em até 200 (duzentos) quilômetros, incluindo ligações interestaduais.

As características técnicas e operacionais, em resumo, são: motorização diesel, tração hidráulica, movimentação bidirecional, duas cabines de comando; segue a bitola métrica (1000 mm), possui ar condicionado, rampa retrátil para acesso de cadeirantes, equipamento GPS ou similar para identificação e monitoramento pelo Centro de Controle Operacional e passagem entre carros tipo *gangway*. Cada VLT possui a capacidade máxima de 358 passageiros. A partir do relatório de emissões de poluentes provenientes de VLTs fornecidos por esta ou pelo fabricante do motor específico, tem-se uma melhor compreensão do assunto. Porém, como determinado pela CBTU, os VLTs precisam estar enquadrados nas normas EURO no que diz respeito a emissões de poluentes atmosféricos.

As restrições quanto à emissão de poluentes atmosféricos foram abordadas pelo estudo do documento Desenvolvimento e Fabricação de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para Transporte Urbano e Regional de Passageiros – VLT Padrão Nacional – Especificação Técnica, elaborado pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU, 2006). Neste, os veículos devem possuir aparelhos e componentes que garantam que a emissão de poluentes esteja dentro dos níveis de aceitação mundialmente consagrados. Como determinado pela CBTU, os VLTs devem ser equipados com filtros, catalizadores e sistema de diagnóstico embarcado, garantindo que a emissão de poluentes atenda, no mínimo, aos padrões estabelecidos pela norma técnica EURO 3 - *Dépollution EOBD*. Dessa maneira, os dados adotados para as emissões dos VLTs são os da linha EURO 3 da tabela 7 (Limites de emissões de gases de escape para motores diesel).

4.3.2. Estudo de Automotivos Populares

Alguns dos carros mais vendidos nas últimas décadas no Brasil são o Uno (Fiat), o Gol (Volkswagen), o Classic (Chevrolet), além do Ka (Ford). De acordo com o IBAMA (2010), um dos modelos menos poluentes é o Uno, da Fiat.

Seguem abaixo os resultados dos ensaios disponibilizados pelo órgão, referentes ao modelo Uno do ano de 2009:

Figura 30 – Resultado dos ensaios para o automóvel Uno (IBAMA, 2010)

Seguem abaixo os resultados dos ensaios disponibilizados pelo órgão, referentes ao modelo Gol do ano de 2009:

Figura 31 – Resultado dos ensaios para o automóvel Gol (IBAMA, 2010)

Seguem abaixo os resultados dos ensaios disponibilizados pelo órgão, referentes ao modelo Classic do ano de 2009:

Figura 32 – Resultado dos ensaios para o automóvel Classic (IBAMA, 2010)

Seguem abaixo os resultados dos ensaios disponibilizados pelo órgão, referentes ao modelo Ka do ano de 2009:

Figura 33 - Resultado dos ensaios para o automóvel Ka (IBAMA, 2010)

Comparando os modelos, tem-se o primeiro quadro:

IBAMA 20

Comparação dos Veículos

Dados da Marca/Modelo

	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3
Nota Verde:	★★★★	★★★★★	★★★★
Marca:	FIAT	FORD	VW
Modelo:	UNO	KA	GOL
Versão:	MILLE ECONOMY	FLEX	1.0
Ano:	2009	2009	2009
Configuração/Motor:	1.0 8v	1.0	1.0 (CCN)
Combustível:	FLEX	FLEX	FLEX

Dados do ensaio

	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3
NMHC (g/km):	0,040	0,027	0,031
CO (g/km):	0,250	0,227	0,210
NOx (g/km):	0,020	0,041	0,080
CO_2 (Calculado) (g/km):	52,302	68,943	70,901

Dados de Consumo

Tabela de consumo/eficiência energética

Clique na imagem para obter a tabela.

Figura 34 - Comparativo dos ensaios para os automóveis Uno, Ka e Gol (IBAMA, 2010)

Na sequência da comparação, tem-se o segundo quadro:

Figura 35 - Comparativo dos ensaios para os automóveis Classic, Uno e Gol (IBAMA, 2010)

Calculando as diferenças de emissões, foram obtidos os menores resultados em destaque (unidade g/km):

Tabela 9 – Determinação de uma das menores emissões automotivas

Auto. \ Poluente	**NMHC**	**CO**	**NO_X**	**CO_2 (calc.)**
Uno	0,040	0,250	0,020	52,302
Ka	0,027	0,227	0,041	68,943
Gol	0,031	0,210	0,080	70,901
Classic	0,035	0,722	0,070	68,835
Menor emissão	**0,027**	**0,210**	**0,020**	**52,302**

Fonte: elaboração do autor.

O automóvel que emite menos poluentes atmosféricos, como constatado no comparativo acima, é o Uno, adotado para representar a frota macaense de automóveis, sendo um modelo tradicional no mercado brasileiro.

Apresentado ao público no início da década de 1990, este foi um dos primeiros automóveis populares, categoria de veículos que tinham impostos reduzidos, e, capacidade volumétrica de até 1000 cilindradas. Pela antecipação à concorrência em vários meses, tornou-se um modelo de grande aceitação, sendo a versão mais vendida e de maior sucesso junto ao público brasileiro. Seguida por muitas outras versões, a primeira trazia motor de 994,4 cm^3 (Fiasa), carburador de corpo simples, ausência de retrovisor no lado direito, presença de servofreio, encostos de cabeça e câmbio de quatro marchas. Hoje, o antigo Uno é vendido como Mille, para que o carro não seja confundido com o Novo Uno, segunda geração do modelo.

A adoção do automóvel de menor carga de poluentes atmosféricos emitidos caracteriza uma condição ideal, pois além de destacar um exemplo a ser seguido na busca pela redução das emissões, traz um resultado confiável. A realidade mostra que não há tráfego apenas com o modelo adotado, mas sim com diversos modelos automotivos que emitem, em sua maioria, cargas de poluentes atmosféricos superiores em relação ao modelo em questão. Porém, minorar a carga através de uma emissão considerada ideal nas condições atuais, onde se busca uma melhor qualidade de vida a cada dia, mostra que ainda assim as emissões são consideráveis. Portanto, há um sinal de alerta para os efeitos dos poluentes na saúde humana.

4.3.3. Comparação Estimativa

Os dados fornecidos foram utilizados nos cálculos de comparação, os quais geraram a seguinte tabela (unidade g/dia), considerando o primeiro cenário:

Tabela 10 – Comparativo de emissões entre automóveis e VLTs

Veículo \ Poluente	**CO**	**NO_X**	**NMHC**	**MP**	**CO_2 (calc.)**
Automóveis	3.687,2	295,0	590,0	–	771.396,1
VLTs	1.809,1	4.307,3	568,6	86,2	–
Diferença Comp.	**1.878,1**	**4.012,3**	**21,4**	**86,2**	**771.396,1**

Fonte: elaboração do autor.

Como se observa, podem deixar de serem emitidos 1.878,1 g/dia de CO e 21,4 g/dia de NMHC. Apesar dos resultados para os óxidos de nitrogênio e para o material particulado, a adoção da recente EURO 5, por exemplo, para motores diesel desenvolvidos e fabricados entre 2008 e 2012, propõe 60% de redução na carga de emissão de NO_X e 80% de redução na carga de emissão de MP, em comparação à EURO 3. Além disso, a incorporação de biodiesel também pode gerar resultados satisfatórios na redução da carga de poluentes emitida. Observa-se então o quão importante é a implementação e a evolução da norma EURO na questão da redução das emissões na

área de transportes, fazendo com que se estabelecesse no Brasil o Programa de Controle de Emissões Veiculares – PROCONVE.

4.4. Cruzamento entre Dados Normativos e Ensaiados

A distância percorrida por cada um dos dois VLTs operacionais é de 20,599 km/trajeto. Essa distância é a adotada para a rodagem diária do automotivo. Considerando as emissões máximas, suas comparações veiculares estão descritas abaixo:

Tabela 11 – Emissão máxima diferencial por tipo de veículo

Poluente	**Veículo de maior emissão**	**Diferença Comp.N (g/dia)**
CO	Automóveis	27.688,7
NO_X	VLTs	2.537,4
NMHC	Automóveis	168,8
MP	VLTs	86,2
HCO	Automóveis	295,0

Fonte: elaboração do autor.

E, de acordo com as emissões dos VLTs e do modelo de automóvel adotado, seguem as comparações abaixo:

Tabela 12 – Emissão estimada diferencial por tipo de veículo

Poluente	**Veículo de maior emissão**	**Diferença Comp. (g/dia)**
CO	Automóveis	1.878,1
NO_X	VLTs	4.012,3
NMHC	Automóveis	21,4
MP	VLTs	86,2
CO_2 (calc.)	Automóveis	771.396,1

Fonte: elaboração do autor.

Então, conclui-se que, mesmo utilizando em ambas as comparações os máximos de emissões dos VLTs, os 716 automóveis substituídos pelos mesmos geram uma maior carga de poluentes atmosféricos que os anteriores. Se for utilizado outro cenário, o qual é abordado a seguir, com 200 automóveis substituídos pelos VLTs, ou seja, capacidade mínima com aproximadamente 28% da anterior, seguem as emissões máximas e suas comparações:

Tabela 13 – Emissão máxima diferencial por tipo de veículo no novo cenário

Poluente	**Veículo de maior emissão**	**Diferença Comp.N (g/dia)**
CO	Automóveis	6.450,3
NO_X	VLTs	3.811,7
NMHC	VLTs	362,1
MP	VLTs	86,2
HCO	Automóveis	82,6

Fonte: elaboração do autor.

Para este cenário, seguem abaixo as emissões e suas comparações:

Tabela 14 – Emissão estimada diferencial por tipo de veículo no novo cenário

Poluente	**Veículo de maior emissão**	**Diferença Comp. (g/dia)**
CO	VLTs	776,7
NO_X	VLTs	4.224,7
NMHC	VLTs	403,4
MP	VLTs	86,2
CO_2 (calc.)	Automóveis	215.990,9

Fonte: elaboração do autor.

Como se observa, em termos de poluentes totais, os 200 automóveis continuam emitindo uma maior carga de poluentes atmosféricos. Vale lembrar novamente que se trabalhou com os máximos para as emissões dos VLTs. Assim, os Veículos Leves sobre Trilhos podem substituir um número significativo de automóveis sempre com vantagens sobre uma menor emissão de poluentes atmosféricos.

Sabendo que o número de automóveis considerado é de 42.848 (figura 4), e, retirando a diferença de 716 considerada no primeiro cenário, tem-se 42.132 automóveis. Como está sendo usado um veículo flex, foram descontados os veículos GGnv, AGnv e AGGnv, discriminados na figura 36.

Modelo: Frota por combustível

Ano: 2009

Mes(es): Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez [Todos]

Município: MACAE

Os totais e subtotais mostrados abaixo, referem-se apenas a informações filtradas de acordo com os parâmetros fornecidos acima.
ND = Dado não disponível ou zero.

Alc=Álcool, **Gas**=Gasolina, **Die**=Óleo Diesel, **Gge**=Gasogênio, **Met**=Gás Metano, **EFI**=Elét. de Fonte Interna, **EFE**=Elét. de Fonte Externa, **GGmv**=Gasolina+Gmv, **AGmv**=Álcool+Gmv, **DGmv**=Diesel+Gmv, **GGnv**=Gasolina+Gnv, **AGnv**=Álcool+Gnv, **DGnv**=Diesel+Gnv, **Gnv**=Gnv, **AlGa**=Álcool+Gasolina, **AGGnv**=Álcool+Gasolina+GNV, **Nm**=Não motorizado.

Dezembro de 2009

Município	Alc	Gas	Die	Gge	Met	EFI	EFE	GGmv	AGmv	DGmv	AGnv	GGnv	DGnv	Gnv	AlGa	AGGnv	Nm	Total
MACAE	4.025	43.437	6.156	ND	3	ND	ND	ND	ND	ND	315	6.648	ND	ND	10.825	1.317	1.570	74.296

Figura 36 - Estatísticas de Veículos por Combustível em Macaé no ano de 2009 (DETRAN-RJ, 2010)

Os veículos G+Gnv somam 6.648, os A+Gnv somam 315 e os A+G+Gnv somam 1.317. A soma geral é de 8.280. Subtraindo o valor anterior dos 42.132 automóveis, tem-se 33.852 automóveis.

Multiplicando a rodagem diária pela frota calculada anteriormente, segue:

$$(\mathbf{q}) \times (\mathbf{f_1}) = \mathbf{r_1} \qquad (3)$$

Onde:

q = quilometragem diária;

$\mathbf{f_1}$ = frota considerada;

$\mathbf{r_1}$ = resultado, cujo valor é de 697.317,35 km/dia.

Como os 716 automóveis não foram considerados no cálculo anterior (3), vem:

$$(\mathbf{q}) \times (\mathbf{f_2}) = \mathbf{r_2} \qquad (4)$$

Onde:

q = quilometragem diária;

$\mathbf{f_2}$ = frota considerada;

$\mathbf{r_2}$ = resultado, cujo valor é de 14.748,88 km/dia.

O valor acima (4) é relativo a rodagem substituída pela operação ferroviária no primeiro cenário, abordado a seguir.

Considerado que os dois VLTs operacionais executam 20,599 km/trajeto, sendo 17 trajetos/dia a 40 km/h, multiplicando a distância percorrida pelos VLTs pelo número de trajetos, tem-se:

$$(\mathbf{q}) \times (\mathbf{v}) \times (\mathbf{t}) = \mathbf{r_3} \qquad (5)$$

Onde:

q = quilometragem do trajeto;

v = 2 vehicles (dois VLTs);

t = número de trajetos diários;

$\mathbf{r_3}$ = resultado, cujo valor é de 700,37 km/dia.

O valor obtido (5) é 994 vezes menor que o da rodagem da frota e 20 vezes menor que o dos automóveis substituídos pelos VLTs no primeiro cenário. Proporcionalmente, o consumo é menor e a eficiência energética é maior, conforme os comparativos.

Integrando a frota, consideradas as emissões máximas do automóvel previstas na Resolução CONAMA, tem-se a seguinte tabela (unidade g/dia):

Tabela 15 – Emissão máxima da frota total considerada

Veículo \ Poluente	CO	NO_X	NMHC	HCO
Automóveis Comp.N	29.497,8	1.769,9	737,4	295,0
Frota (f1)	1.394.634,7	83.678,1	34.865,9	13.946,4
Somatório	**1.424.132,5**	**85.448,0**	**35.603,3**	**14.241,4**

Fonte: elaboração do autor.

Fazendo a nova comparação entre os automóveis e os VLTs, vem (unidade g/dia):

Tabela 16 – Comparativo de emissões máximas entre a frota e os VLTs

Veículo \ Poluente	CO	NO_X	NMHC	MP	HCO
Automóveis (somatório)	1.424.132,5	85.448,0	35.603,3	–	14.241,4
VLTs	1.809,1	4.307,3	568,6	86,2	–
Nova Diferença Comp.N	**1.422.323,4**	**81.140,7**	**35.034,7**	**86,2**	**14.241,4**

Fonte: elaboração do autor.

Nota-se a vultosa diferença diária entre os dois, sendo, aproximadamente, 1/787 avos de monóxido de carbono, 1/20 avos de óxidos de nitrogênio e 1/63 avos de hidrocarbonetos.

De acordo com as emissões do modelo adotado, tem-se a seguinte tabela (unidade g/dia):

Tabela 17 – Emissão da frota total considerada

Veículo \ Poluente	CO	NO_X	NMHC	CO_2 (calc.)
Automóveis Comp.	3.687,2	295,0	590,0	771.396,1
Frota (f1)	174.329,3	13.946,4	27.892,7	36.471.091,9
Somatório	**178.016,5**	**14.241,4**	**28.482,7**	**37.242.488,0**

Fonte: elaboração do autor.

Fazendo a nova comparação entre o modelo ideal representante da frota e o VLT, vem (unidade g/dia):

Tabela 18 – Comparativo de emissões entre a frota ideal e os VLTs

Veículo \ Poluente	CO	NO_X	NMHC	MP	CO_2 (calc.)
Automóveis (somatório)	178.016,5	14.241,4	28.482,7	–	37.242.488,0
VLTs	1.809,1	4.307,3	568,6	86,2	–
Nova Diferença Comp.	**176.207,4**	**9.934,1**	**27.914,1**	**86,2**	**37.242.488,0**

Fonte: elaboração do autor.

Mesmo com o modelo ideal, a diferença diária entre os dois é de, aproximadamente, 1/98 avos de monóxido de carbono, 1/3 de óxidos de nitrogênio e 1/50 avos de hidrocarbonetos.

Cruzando os dados comparativos, tem-se o primeiro cenário, com 358 passageiros/VLT (tabela 19). Subtrai-se 716 automóveis do número de automóveis considerado, tendo a frota 33.852 veículos:

Tabela 19 – Primeiro cenário, considerando a supressão de 716 automóveis

Poluente \ Veículo	**Automóveis**	**VLTs**	**Diferença**
CO (g/dia)	174.329,3	1.809,1	172.520,2
CO máximo (g/dia)	1.394.634,7	1.809,1	1.392.825,6
NO_X (g/dia)	13.946,4	4.307,3	9.639,1
NO_X máximo (g/dia)	83.678,1	4.307,3	79.370,8
NMHC (g/dia)	27.892,7	568,6	27.324,1
NMHC máximo (g/dia)	34.865,9	568,6	34.297,3

Fonte: elaboração do autor.

Em um segundo cenário, com 330 passageiros/VLT (tabela 20), subtrai-se 660 automóveis do número de automóveis considerado, tendo a frota 33.908 veículos:

Tabela 20 – Segundo cenário, considerando a supressão de 660 automóveis

Poluente \ Veículo	**Automóveis**	**VLTs**	**Diferença**
CO (g/dia)	174.617,7	1.809,1	172.808,6
CO máximo (g/dia)	1.396.941,8	1.809,1	1.395.132,7
NO_X (g/dia)	13.969,4	4.307,3	9.662,1
NO_X máximo (g/dia)	83.816,5	4.307,3	79.509,2
NMHC (g/dia)	27.938,8	568,6	27.370,2
NMHC máximo (g/dia)	34.923,6	568,6	34.355,0

Fonte: elaboração do autor.

Em um terceiro cenário, com 170 passageiros/VLT (tabela 21), subtrai-se 340 automóveis do número de automóveis considerado, tendo a frota 34.228 veículos:

Tabela 21 – Terceiro cenário, considerando a supressão de 340 automóveis

Poluente \ Veículo	**Automóveis**	**VLTs**	**Diferença**
CO (g/dia)	176.265,6	1.809,1	174.456,5
CO máximo (g/dia)	1.410.125,1	1.809,1	1.408.316,0
NO_X (g/dia)	14.101,3	4.307,3	9.794,0
NO_X máximo (g/dia)	84.607,5	4.307,3	80.300,2
NMHC (g/dia)	28.202,5	568,6	27.633,9
NMHC máximo (g/dia)	35.253,1	568,6	34.684,5

Fonte: elaboração do autor.

Em um quarto cenário, com 100 passageiros/VLT (tabela 22), subtrai-se 200 automóveis do número de automóveis considerado, tendo a frota 34.368 veículos:

Tabela 22 – Quarto cenário, considerando a supressão de 200 automóveis

Poluente \ Veículo	**Automóveis**	**VLTs**	**Diferença**
CO (g/dia)	176.986,6	1.809,1	175.177,5
CO máximo (g/dia)	1.415.892,9	1.809,1	1.414.083,8
NO_X (g/dia)	14.158,9	4.307,3	9.851,6
NO_X máximo (g/dia)	84.953,6	4.307,3	80.646,3
NMHC (g/dia)	28.317,9	568,6	27.749,3
NMHC máximo (g/dia)	35.397,3	568,6	34.828,7

Fonte: elaboração do autor.

Como se observa, a medida que se chega ao mínimo atendimento (100 passageiros/VLT), aumenta a emissão dos poluentes atmosféricos, pois mais automóveis são considerados em rodagem. Este é o mais desfavorável cenário a ser considerado.

Em todos os casos, comparando as emissões máximas com as do automotivo adotado e as do VLT, há o enquadramento às mesmas, ou seja, as emissões são iguais ou inferiores aos limites máximos determinados pelas normas e resoluções.

Adotando o quarto cenário, onde os VLTs operam em suas capacidades mínimas, além da emissão do automotor adotado e da emissão máxima permitida por norma ao VLT, tem-se a situação descrita na tabela abaixo:

Tabela 23 – Estimativa de emissões com a operação dos VLTs e a rodagem da frota, considerando diversos períodos

Emissão \ Poluente	**Monóxido de Carbono**	**Óxidos de Nitrogênio**	**Hidrocarbonetos**
Emissões em g/dia	178.795,7	18.466,2	28.886,5
Emissões em g/semana	1.251.569,9	129.263,4	202.205,5
Emissões em g/mês	5.363.871,0	553.986,0	866.595,0
Emissões em g/ano	64.366.452,0	6.647.832,0	10.399.140,0

Fonte: elaboração do autor.

Comparando com o primeiro cenário, onde os VLTs operam em suas capacidades máximas, tem-se as diferenças de emissões na tabela abaixo:

Tabela 24 – Comparação entre os atendimentos mínimo e máximo dos VLTs e suas diferenças de emissões em diversos períodos

Emissão \ Poluente	Monóxido de Carbono	Óxidos de Nitrogênio	Hidrocarbonetos
Emissão a mais em g/dia	2.657,3	212,5	425,2
Emissão a mais em g/semana	18.601,1	1.487,5	2.976,4
Emissão a mais em g/mês	79.719,0	6.375,0	12.756,0
Emissão a mais em g/ano	956.628,0	76.500,0	153.072,0

Fonte: elaboração do autor.

Como há diferentes lotações ao longo do dia, e, como a demanda é grande, o quarto cenário garante a mesma, pois, no geral, reflete com folga a média diária de usuários que podem ser atendidos pela ferrovia.

Apesar da comparação com o primeiro cenário e da comprovação de que maiores lotações podem representar menores emissões ao ambiente, temos um ponto positivo: a evolução da rigidez da norma EURO e o acompanhamento proporcional desta por parte do PROCONVE. Esta evolução nada mais é que a redução progressiva da emissão de cada um dos poluentes envolvidos na proposta, e, sua divulgação e convencimento junto aos fabricantes de motores a combustíveis fósseis. A adoção gera *marketing* para as empresas, além de evitar medidas desagradáveis, como por exemplo o pagamento de taxas e/ou multas, muito comuns em países que procuram controlar suas emissões de poluentes atmosféricos, vide os europeus.

A necessidade dessa iniciativa é crucial, pois as emissões de poluentes atmosféricos, nos diversos períodos calculados, são apavorantes. Isto se caracteriza concretamente, pois os cálculos apresentados são de apenas dois VLTs e da frota ideal de automóveis considerada. A frota total de Macaé era de 74.296 veículos no ano considerado, sendo 42.848 automóveis. Como somente o Estado do Rio de Janeiro possui 92 municípios, o apavoramento é uma realidade, pois a frota total do Estado é significativa. Complementando, a República Federativa do Brasil possui 27 unidades federativas, sendo 26 estados (cerca de 5.565 municípios) e um distrito federal. Se apenas Macaé já apresenta números expressivos, analisada apenas parte de sua frota, quão considerável deve ser a contribuição de emissões de poluentes atmosféricos do país inteiro considerando apenas o setor de transportes.

De acordo com o Censo 2010 do IBGE, o município conta com 206.748 habitantes, sendo 98% residentes em área urbana; e com uma taxa de crescimento de 4% ao ano. As estatísticas do DETRAN-RJ revelam que, entre dezembro de 2010 e maio de 2011, a frota macaense de automóveis teve um aumento de 1.463 unidades, atingindo 48.612 veículos, como segue:

Tabela 25 – Aumento da frota macaense entre 2009 e 2011

Veículos \ Período	**Dezembro/2009**	**Dezembro/2010**	**Maio/2011**
Frota total	74.296	81.862	84.384
Automóveis	42.848	47.149	48.612
Porcentagem representativa	58%	58%	58%

Fonte: elaboração do autor.

Considerando as condições estabelecidas anteriormente, entre dezembro de 2009 e maio de 2011 estima-se um aumento de 15% na emissão de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. A porcentagem considera apenas parte dos automóveis neste intervalo de tempo. Talvez estes possam ser alguns dos motivos para que as preocupações com as questões ambientais e de circulação urbana estejam em evidência, tratando do tema sustentabilidade com tanto empenho e atenção.

4.5. Relação Custo-benefício dos Ganhos Sociais e Ambientais

Os ganhos sociais se refletem na questão da saúde da população urbana. O ar nos centros urbanos está se tornando irrespirável, devido aos altos níveis de poluição que têm contribuição significativa dos meios de transporte individuais.

Os poluentes atmosféricos podem gerar efeitos desastrosos a saúde. Os compostos mais nocivos nos comparativos das emissões foram o CO e o NO_X. O monóxido de carbono, gás inodoro e incolor, se combina com a hemoglobina com facilidade 240 vezes maior que o oxigênio, fazendo com que o fluxo sanguíneo o transporte em menor quantidade. Além disso, diminui reflexos, afeta a discriminação temporal, causa asfixia, e, há suspeitas de que pode chegar a agravar arterioescleroses e doenças vasculares. O dióxido de nitrogênio, gás marrom e avermelhado, quando inalado, por ser quase insolúvel, atinge partes mais periféricas dos pulmões. Pode se combinar e formar o ácido nítrico e nitratos que constituem partículas orgânicas tóxicas, pois é um agente oxidante. Em altas concentrações pode ser fatal, e, em concentrações baixas, pode aumentar o risco de infecções, irritar os pulmões, além de causar bronquite, pneumonia e outras doenças no sistema respiratório. Afirma-se, então, a necessidade de reduzir as emissões, seja por normas e resoluções, seja por programas e iniciativas voltadas aos meios de transporte coletivos; gerando um ganho ambiental inestimável (BRAGA, 2009; ANDRÉ, 2009; CAVALCANTI, 2003).

Novos modais de transporte coletivo têm como benefício direto e indireto a geração de emprego e renda. Através da nova modalidade abordada nesse trabalho, estima-se que sejam criadas oportunidades nas áreas administrativa, operacional e jurídica, exemplos de empregos diretos; e, nas áreas de segurança e alimentação, exemplos de empregos indiretos. Os investimentos e movimentações financeiras são basicamente de saída, com o pagamento de funcionários,

manutenção preventiva das máquinas e com os serviços essenciais (limpeza, alimentação, etc.). As captações ou entradas concentram-se na compra de bilhetes, investimento externo, dentre outros; porém, são necessárias para suprir a subsistência do sistema. Outro benefício indireto também pode vir à tona: os pontos turísticos e de preservação ambiental que se tem ao longo do trecho, os quais podem se tornar mais valorizados do ponto de vista ambiental:

- Reserva Biológica União*;
- Lagoa Imboassica;
- Estação Central (área verde drenante);
- Morro de Santana;
- Unidade de Conservação Ilha Leocádia - Proteção Integral - e rio Macaé;
- Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba*.

  * em caso de ampliação ou interligação.

Os ganhos ambientais podem ser percebidos na análise dos dados apresentados, os quais demonstram a diminuição nas emissões de poluentes, considerando que usuários de veículos automotores sejam os potenciais passageiros dos VLTs. Esta idéia é o início de uma nova perspectiva, na qual há a necessidade de se repensar a sociedade, hoje engessada pelos transportes individuais. A norma EURO, por exemplo, tenta contribuir com a redução das emissões do setor de transportes. Porém, é fundamental um novo modelo de organização, no qual os modais de transporte coletivo sejam distribuídos em vias especiais de forma a atender necessidades básicas, como pólos de trabalho, ajudando a desafogar o trânsito e melhorar a circulação. A diminuição no consumo de combustíveis fósseis e o controle da eficiência energética podem ser utilizados como indicadores, para que se confirme e/ou retifique o novo modelo.

4.6. Fatores Limitantes

Os fatores limitantes encontrados neste trabalho estão listados a seguir:

1. Limitação do trabalho devido aos dados disponíveis na tabela referente a norma EURO e na Resolução CONAMA.

2. A adoção do automóvel de menor carga de poluentes atmosféricos emitidos traz um resultado confiável, visto que, na realidade, não se tem apenas tráfego com o modelo adotado, mas sim com diversos modelos automotivos que emitem cargas diversas de poluentes atmosféricos, em relação ao modelo em questão. Apesar de garantir uma alta confiabilidade, esse também é um fator

limitante do trabalho, pois a carga real emitida é maior que a utilizada nos cálculos, que consideraram a condição ideal (menor emissão).

3. Os dados dos ensaios do motor do VLT também não estiveram acessíveis, apesar de esforços para a obtenção dos mesmos através de ofícios institucionais. Apesar disso, a CBTU determinou que os VLTs estivessem, no mínimo, enquadrados na norma EURO 3, o que possibilitou um bom andamento do trabalho. Mesmo assim, esta também é uma limitação, visto que trabalhou-se com valores majorados (máximo permitido) quando se poderia trabalhar com valores menores. Entretanto, nesse caso, se obteve um melhor resultado, uma vez que, mesmo com tal condição, ainda assim provou-se que o VLT é menos poluente que os automóveis e que o fomento ao transporte coletivo de passageiros merece mais atenção por parte dos poderes públicos de quaisquer esferas.

4. A comparação entre os veículos automotores também foi um fator limitante, visto que foram utilizados os dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, sendo disponibilizado apenas um modelo popular da Chevrolet.

5. A quilometragem média diária dos automóveis em Macaé-RJ foi um fator limitante, pois somente duas fontes de dados foram obtidas para que se considerasse o valor adotado: anúncio do *site* AUTOSBR.COM, de um Chevrolet Celta, ano 2002 com 65.000 km rodados, ou seja, 19,79 km/dia; e, anúncio do *site* CARROS.TROVIT.COM.BR, de um Volkswagen Saveiro, ano 2002 com 75.000 km rodados, ou seja, 22,83 km/dia.

5. CONCLUSÃO

Equilibrar a ação do homem e a reação do ambiente é uma tarefa árdua, sempre. A visão tecnocrata do poder humano tende a deixar, por exemplo, seu próprio ar irrespirável. Convencer a espécie humana da necessidade de preservação da mesma parecia incoerente, até a determinação do chamado fator limitante biológico, no qual o ser humano também está incluso. As alterações que tem ocorrido no ambiente pelas ações antrópicas podem gerar anomalias na faixa limitante humana, fazendo com que a espécie seja diretamente influenciada e impactada. A partir de então, a lógica vigente se inverterá: o impacto não será necessariamente mais chamado impacto ambiental, passando a ser chamado, finalmente, de impacto humano. O anterior já afeta a espécie, porém não é considerado pelo consumismo destrutivo. A partir do momento que o impacto humano for mais considerável, pode-se dizer que será tardio, devido aos efeitos letais de curto, médio e longo prazo.

Macaé, antes do atual cenário petrolífero, possuía apenas um comércio regular, indústria de açúcar, abatedouros de animais, fabricação de conservas de carne e banha de porco, fábricas de calçados, beneficiamento e moagem de café, num total de 96 estabelecimentos. O valor da produção girava em torno de 329 milhões de cruzeiros em 1960, alcançando 650 milhões em 1962, o que revela um desenvolvimento sustentável. A cidade, situada a beira-mar, apresentava aspecto pitoresco e agradável, com extenso litoral e belas praias, como as de Imbetiba, Cavaleiros, Conchas e Barra. Os pontos turísticos mais visitados eram as cachoeiras de Atalaia e Torreão, no distrito de Iriri; o pico do Frade, no distrito de Crubixais e as ilhas de Santana e Papagaio. O município, com 1.997.000,0 km^2, contava com uma população de 58.805 habitantes e a sua densidade demográfica era de 29,45 hab./km^2. Não se pode conceber a idéia de que, ao longo dos anos, não se consideraram a história e a cultura econômica natural do município, suas reais características. Talvez o cenário caótico que se observa na cidade e se inicia na região serrana, seja proveniente dessa falta de interesse sobre Macaé-RJ, o que revela o desrespeito à possibilidade de um desenvolvimento mais planejado, sempre observando a cultura local em suas diversas esferas – social, econômica e ambiental-territorial –, deixando de estar presentes, diretamente, os direitos civis.

As cidades auto-sustentáveis contemplam os direitos civis, priorizando o transporte coletivo, como o ferroviário, o hidroviário e o cicloviário. As malhas de transportes são bem elaboradas e acompanham possíveis dinâmicas de crescimento demográfico, não deixando de existir os meios de transporte individual, porém, de forma harmônica com a circulação urbana, extra-urbana, municipal e regional.

A importância histórica das ferrovias para o desenvolvimento das cidades brasileiras no escoamento de produtos agrícolas, recursos minerais, dentre outros; além do transporte seguro de

passageiros, como visto neste trabalho, é incontestável. Por muitos anos, os ferroviários contribuíram indiretamente com a qualidade de vida municipal através de diálogos informais, exposições em grupo e em aulas (SENAI público), onde se traduziram, além da técnica, a importância do trabalho e da família. O planejamento ferroviário também abrangia o meio ambiente na questão dos sistemas drenantes urbanos (construção de canais, etc.), além do solo não impermeabilizado que permite uma melhor drenagem. A ferrovia constituía um conjunto completo de via, drenagem e vegetação, o que a tornava – principalmente do ponto de vista estético – uma das soluções de transportes menos impactantes e mais sustentáveis.

Questão fundamental, a linha férrea em Macaé, se gerida adequadamente, pode levar a um crescimento sócio-ambiental benéfico. A estrutura já estabelecida favorece a nova modalidade de transporte público e contribui para a diminuição das emissões de gases poluentes provenientes de veículos automotores. A geração de empregos diretos e indiretos é um beneficio oferecido a sociedade como um todo, podendo fomentar também a inclusão social de jovens com o primeiro emprego e pessoas com necessidades especiais, por exemplo. Incorpora-se, dessa forma, direitos econômicos e sociais com o trabalho digno, importante ferramenta na formação da cidadania. A ferrovia traz direitos econômicos, sociais e culturais com o transporte de passageiros, que, além de gerar empregos, tem como consequência o papel social de resgate de parte da cultura macaense, pois revitaliza a atividade ferroviária, a qual faz parte da história do município.

A multimodalidade esteve presente em Macaé desde o século XIX, com a integração entre os modais ferroviário e marítimo. O retrocesso ocorrido no final deste mesmo século, devido a uma visão monopolista estrangeira, fez com que se concentrassem todos os serviços na ferrovia. Desde esse período até a década de 60, no século XX, o transporte ferroviário foi hegemônico no país. A partir de então, os investimentos passaram para o modal rodoviário. A troca de um modal por outro apenas manteve o mesmo retrocesso, permanecendo até os dias atuais.

A inserção do modal ferroviário e a consequente implantação do SIT retomam a multimodalidade em Macaé. Apesar dos benefícios gerados por tal iniciativa, as emissões do modal ferroviário, mesmo sendo menos impactantes que as do rodoviário, como abordado, também somam na carga de poluentes. Portanto, mesmo não sendo tão significativas quanto as dos modais particulares, as emissões dos públicos também tem sua parcela de contribuição com a adversidade climática vivida nos dias atuais. A utilização de combustíveis fósseis, fontes energéticas ainda vigentes, gera uma carga de poluentes atmosféricos expressiva, considerando o setor de transportes. Algumas propostas para diminuir significativamente as emissões estão em pauta, como a da Comissão Européia de erradicar automóveis a gasolina e a diesel na União Européia até 2050. Contudo, é fundamental entender que a eficiência nos transportes está no menor consumo da fonte energética adotada, como no exemplo da integração de um sistema de transportes. As pesquisas

sobre novas fontes com maior eficiência energética e menor consumo são uma premissa, sabendo da ocorrência das mudanças climáticas, as quais são influenciadas pela concentração de poluentes atmosféricos emitidos pelos meios de transporte.

O setor de transportes tem elaborado soluções para que, cada vez mais, o mesmo colabore com a redução nas emissões de poluentes atmosféricos. Como exemplo, tem-se a criação do MagLev, que, no Brasil, foi desenvolvido pelo LASUP-COPPE-UFRJ, criador do Maglev-Cobra. A tecnologia consiste em um trem leve de passageiros a levitação magnética com múltiplas articulações que trafega em via elevada ou ao nível do solo a uma velocidade aproximada de 70 km/h. Um dos benefícios desta está na linha férrea, na qual pode ser adaptado o sistema de levitação magnética entre os trilhos, reduzindo os custos de implantação. A emissão de poluentes atmosféricos se restringe ao nitrogênio gasoso, no entanto, como as pesquisas avançam a cada dia, esse pode ser reaproveitado em um sistema fechado, o qual o torna líquido novamente, fazendo com que o sistema de levitação opere com alta eficiência energética e nenhuma emissão atmosférica.

Esta é uma boa opção para a série evolutiva, sugestão de continuidade deste estudo, podendo substituir os VLTs com uma tecnologia 100% nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, J. C. Brasil21 - Uma nova ética para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: CREA-RJ, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8969/85 – Poluição do Ar - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6601/01 – Veículos Rodoviários Automotores Leves - Determinação de Hidrocarbonetos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio e Dióxido de Carbono no Gás de Escapamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION. Air Pollution Engineering Manual. New York, 1992.

ANDRÉ, R. L. T. *et al*. Estudo da Viabilidade Ecológica e Financeira da Substituição do Diesel por Gnv para a Frota de Caminhões e Ônibus em Campinas. Disponível em: <http://sistemas.ib. unicamp.br/be310/viewarticle.php?id=73>. Acesso em: 28 set. 2009.

ARAIINDIA. Standards for Petrol – Diesel Engined Vehicles. Disponível em: <https://www.arai india.com/CMVR_TAP_Documents/Part-15/Part-15_Chapter03.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2010.

BOM SINAL. Projeto VLT. Disponível em: <http://www.ferroeste.pr.gov.br/arquivos/File/Projeto VLTBomSinal.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

BORGES, A. História da Economia de Macaé. Macaé: SMC/SMAPH, 2002.

BRAGA, B. *et al*. Introdução à Engenharia Ambiental. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/cidades/paper_saldiva. pdf>. Acesso em: 28 set. 2009.

BRINA, H. L. Estadas de Ferro. v. 1. Rio de Janeiro: LTC, 1979.

CAVALCANTI, P. M. S. Avaliação dos Impactos Causados na Qualidade do Ar pela Geração Termelétrica. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/paulina_maria.pdf>. Acesso em: 28 set. 2009.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS. Operadoras Metroferroviárias Nacionais e Internacionais. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br>. Acesso em: 20 jul. 2006.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS. Desenvolvimento e Fabricação de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para Transporte Urbano e Regional de Passageiros – VLT Padrão Nacional – Especificação Técnica. Rio de Janeiro: CBTU, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº3. Brasília: MMA, 1990.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº315. Brasília: MMA, 2002.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO RIO DE JANEIRO. Programa Casa da Gente. Disponível em: <http://app.crea-rj.org.br/portalcreav3/CMS?idSecao=4A931DC8-7CB3-C675-3862-1E9797886FF5>. Acesso em: 12 jun. 2011.

DAVID, E. G. O Futuro das Estradas de Ferro no Brasil. Niterói: PORTIFOLIUM S.D.P. VISUAL, 2009.

DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Estatísticas de Veículos. Disponível em: <http://www.detran.rj.gov.br/_estatisticas.veiculos/index.asp>. Acesso em: 15 nov. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT-Ferroviário: Histórico. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>. Acesso em: 15 dez. 2010.

DIESELNET. European Stationary Cycle. Disponível em: <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.html>. Acesso em: 27 dez. 2010.

DIESELNET. European Load Response. Disponível em: <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/elr.html>. Acesso em: 27 dez. 2010.

FABBRICA ITALIANA AUTOMOBILI TORINO. Fiat Uno. Disponível em: <http://www.fiat.it/>. Acesso em: 15 nov. 2010.

FARIA, E. O. História dos Transportes Terrestres no Mundo. Disponível em: <http://www.transitocomvida.ufrj.br/download/História dos transportes terrestres.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2010.

FERROVIA CENTRO ATLÂNTICA. Via Permanente. Disponível em: <http://www.fcasa.com.br/tecnologia/via-permanente/>. Acesso em: 12 jun. 2011.

FONSECA, E. Estação Bendengó - Uma trilha de luta dos ferroviários macaenses. Rio de Janeiro: ACHIAMÉ, 1996.

FUNDAÇÃO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – RJ. Mapas Regionais do Estado do Rio de Janeiro. DER-RJ, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.der.rj.gov.br/mapas/index.htm>. Acesso em: 23 jul. 2006.

GIESBRECHT, R. M. Imbetiba. Disponível em: <http://www.estacoesferroviarias.com.br/efl_rj_litoral/imbetiba.htm>. Acesso em: 12 jun. 2011.

GOMES FILHO, H. A Modernidade em Ocaso sem Apogeu – Um diagnóstico do Século XX. 2003, mimeografado.

HELENE, M. E. M. *et al*. Poluentes Atmosféricos - Série Ponto de Apoio. São Paulo: SCIPIONE, 1994.

ICAIEIRAS. Passagem de Nível. Disponível em: <http://www.icaieiras.com.br/index_pt.php?programa=galeria/galeria.php&pprograma=galeria/exibe.php&id_galeria=9&album=1&mostra=sim>. Acesso em: 12 jun. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Populacional 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_ municipio_zip.shtm>. Acesso em: 18 jun. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades@ Macaé-RJ. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 27 jul. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. PROCONVE/PROMOT – Série Diretrizes Gestão Ambiental – Coleção Meio Ambiente. v. 1. Brasília: MMA, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. PROCONVE/PROMOT – Série Diretrizes Gestão Ambiental – Coleção Meio Ambiente. v. 2. Brasília: MMA, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Consulta dos Níveis de Emissão dos Veículos Novos Brasileiros. Disponível em: <http://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/sel_marca_modelo_rvep.php>. Acesso em: 27 dez. 2010.

KNAUSS, P. *et al*. História e Memória Macaé. Macaé: SMC/SMAPH, 2001.

LÔBO JÚNIOR, D. T. *et al*. Macaé - Síntese Geo-histórica. Rio de Janeiro: 100 Artes Publicações/PMM, 1990.

MACKLEY, G. Transport, Congestion and Air Pollution - The Way Forward. Disponível em: <http://www.tbus.org.uk/the%20way%20forward.doc>. Acesso em: 14 jul. 2009.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. Infra-estrutura Urbana. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.

MAYOR OF LONDON. London Low Emission Zone - Impacts Monitoring, Baseline Report - Appendix 1. Disponível em: <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/roadusers/lez/lez-impacts-monitoring-baseline-report-appendix-1.pdf>. Acesso em: 04 set. 2008.

METROREC. Centro de Controle Operacional. Disponível em: <http://ferroviasbr.hdfree.com.br/ cbtu_sturec_7.htm>. Acesso em: 12 jun. 2011.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. VLT - Veículo Leve sobre Trilhos: Sistema de Transporte de Passageiros sobre Trilhos em Área Urbana. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/ public/arquivo/arq1297445812.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

NETO, O. L. M. *et al*. Nota Técnica CGDANT/DASIS/SVS/2010. Brasília: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010.

OLIVEIRA, M. C. Achegas à história do rodoviarismo no Brasil. Rio de Janeiro: Memórias Futuras, 1986.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. Pela Defesa do Transporte Público Seguro e Saudável - Maior Participação da Saúde em uma Estrutura Multisetorial. Washington: OPAS, 2010.

PATROCÍNIO, P. R. Memórias Macaenses. Macaé: SMC/SMAPH, 2007.

PARADA, A. A. Histórias da Velha Macahe - Crônicas históricas. Rio de Janeiro: Cia. Brasileira de Artes Gráficas, 1980.

PARADA, A. A. Histórias Curtas e Antigas de Macaé. v. 1. Rio de Janeiro: Artes Gráficas, 1995.

PARADA, A. A. Histórias Curtas e Antigas de Macaé. v. 2. Rio de Janeiro: Artes Gráficas, 1995.

POST, R. C. History of Transportation Technologies. Disponível em: <http://www.fi.edu/learn/case-files/transportation.html>. Acesso em: 15 dez. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. Mapa de Macaé-RJ. PMM/Geoinfo, Macaé, 2004. Disponível em: <http://www.macae.rj.gov.br/geomacae>. Acesso em: 10 jun. 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. Plano Diretor de Macaé-RJ. Disponível em: <http://www.macae.rj.gov.br/downloads_ver.php?arquivo=midia/conteudo/arquivos/1270002165.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A. SR-3 – Estrada de Ferro Leopoldina. Rio de Janeiro: RFFSA/ADMRIO/SR-3, 1961.

REVISTA FERROVIÁRIA. Ferrovia versus Rodovia. Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com/index.asp?InCdMateria=4466&InCdEditoria=2>. Acesso em: 15 dez. 2007.

REVISTA FERROVIÁRIA. UE quer eliminar carros a diesel e gasolina até 2050. Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com.br/index.asp?InCdNewsletter=6069&InCdUsuario=9253&InCdMateria=12858&InCdEditoria=2>. Acesso em: 22 abr. 2011.

ROCHA, J. S. *et al*. Projeto Central - Aceleração do Transporte Ferroviário no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SENGE-RJ, 2010.

RODRIGUE, J. Intermodal Transportation and Integrated Transport Systems: Spaces, Networks and Flows. Disponível em: <http://people.hofstra.edu/faculty/Jean-paul_Rodrigue>. Acesso em: 12 jun. 2011.

RODRIGUES, R. Sistema Integrado de Transportes: Será Viável o Aeroporto da OTA? Sua Coexistência com as Outras Redes. Disponível em: <http://www.maquinistas.org/pdfs_ruirodrigues/OTAVIAVEL.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

SABOIA, J. E.; BRANCO, Castello. Indicadores da Qualidade e Desempenho de Ferrovias. Rio de Janeiro: ANTF, 1998.

SACHS, I. Desenvolvimento includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SCHARINGER, J. F. Retorno dos Trens de Passageiros: Realidade ou Ficção?. Juiz de Fora: BNDES/AIE/DELOG, 2004.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÕES E TRANSPORTES. Roteiro Rodoviário Fluminense. Rio de Janeiro: SEDEGRA, 1965.

SECRETARIA DE PATRIMÔNIO DA UNIÃO. Programa de Destinação do Patrimônio da Extinta RFFSA para Apoio ao Desenvolvimento Local. Brasília: MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO/SPU, 2009.

SENADO FEDERAL. Lei nº 10.257/2001 - Estatuto da Cidade. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/sf00008a.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

SIEMENS. Transportation Systems - Light Rail - Reference List. Erlangen: SIEMENS AG, 2002.

SIEMENS. Combino – Intra-urban Service. Disponível em: <http://www.mobility.siemens.com/ mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/trams-and-light-rail/Pages/trams-and-light-rail.aspx#Combino - intra-urban service>. Acesso em: 8 nov. 2007.

SIEMENS. References of Light Rail GB – Siemens. Disponível em: <http://www.siemens.com.br/ templates/get_download2.aspx?id=510&type=FILES>. Acesso em: 12 jun. 2011.

SILVA, G. Programa Trilhos Urbanos. Brasília: MINISTÉRIO DAS CIDADES/SEMOB, 2005.

STEFANI, C. R. B. O Sistema Ferroviário Paulista - Um Estudo sobre a Evolução do Transporte de Passageiros sobre Trilhos. São Paulo: USP/FFLCH/DG, 2007.

TAGORE, M. R.; SKIDAR, P. K. A New Accessibility Measure Accounting Mobility Parameter. Sidney: 7th World Conference on Transport Research, 1995.

TÁVORA, F. L. Comportamento Social Responsável: Algumas Lições da Holanda. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/senado/conleg/textos_discussao/TD52-FernandoLagares.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2011.

TENNYSON, E. L. *et al*. Why Build a Light Rail Transit System?. Disponível em: <http://www. lightrailnow.org/facts/fa_lrt03.htm>. Acesso em: 14 jul. 2009.

WIKIPÉDIA. Transporte ferroviário no Brasil. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/ Transporte_ferroviário_no_Brasil>. Acesso em: 28 set. 2009.

WIKIPÉDIA. Rede Ferroviária Federal. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_ Ferroviária_Federal>. Acesso em: 28 set. 2009.

WIKIPÉDIA. Estrada de Ferro Leopoldina. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estrada_ de_Ferro_Leopoldina>. Acesso em: 28 set. 2009.

WIKIPÉDIA. Fiat Uno. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fiat_Uno>. Acesso em: 15 nov. 2010.

WIKIPÉDIA. European Emission Standards. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/ European_emission_standards>. Acesso em: 17 mai. 2011.

WIKIPÉDIA. Fuel Efficiency in Transportation. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel _efficiency_in_transportation>. Acesso em: 21 mai. 2011.

WIKIPÉDIA. Light Rail. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Light_rail>. Acesso em: 21 mai. 2011.

WIKIPÉDIA. Emission Test Cycle. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Emission_test_ cycle>. Acesso em: 21 mai. 2011.

ANEXO A

PROJETO METROMACAÉ (DEBATE, 2009)

ESTADO DO RIO DE JANEIRO
PREFEUITURA MUNICIPAL DE MACAÉ
GABINETE DO PREFEITO

LEI Nº 3.313 /2009

Autoriza a implantação do Projeto METROMACAÉ, e dá outras providências.

A CÂMARA MUNICIPAL DE MACAÉ delibera e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º Fica o Chefe do Poder Executivo autorizado a adotar todas as providências necessárias à implantação do projeto de transporte urbano de passageiros, em compartilhamento da linha férrea, conforme Contrato Operacional Específico - COE, celebrado entre o Município, a Ferrovia Centro-Atlântica S/A - FCA, concessionária dos serviços, a CENTRAL - Companhia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística e a SETRANS - Secretaria de Estado de Transportes.

Parágrafo único. O COE de que trata o caput contém todo o detalhamento básico do projeto, com as obrigações e responsabilidades das instituições envolvidas.

Art. 2º O projeto a que se refere o artigo anterior terá a denominação de METROMACAÉ, estará oficialmente lançado a partir da publicação desta Lei, e consistirá, basicamente, na prestação de serviços de transporte ferroviário, de forma regular, por veículo leve sobre trilhos - VLT, com tração diesel hidráulica mecânica, formado por 2 (dois) carros equipados com ar condicionado, com capacidade de transporte de 330 (trezentos e trinta) passageiros por composição, com percurso de Lagomar a Imboassica.

§ 1º O METROMACAÉ fará parte do Sistema Integrado de Transportes, podendo ser operado diretamente pelo Município ou por empresa concessionária contratada mediante licitação pública, possuindo, quando totalmente implantado, 10 (dez) Terminais de Integração, em sistema de linhas tronco-alimentadoras, com tarifa única e mecanismo especial de bilhetagem eletrônica, que permitirá viagens integradas por todas as áreas em que a Cidade estará operacionalmente dividida, no trecho de cerca de 23 km.

§ 2º O METROMACAÉ integrar-se-á ao Sistema de Bilhetagem Eletrônica - SBE e ao Sistema de Monitoramento da Frota - SMF.

Art. 3º Tratando-se de projeto cuja implantação demanda necessariamente medidas pré-operacionais, fica o Chefe do Executivo autorizado a realizar os procedimentos licitatórios para contratação do projeto básico, com vistas:

I - à verificação das condições físicas dos trilhos e dormentes, com eventuais reparos e substituições, em parceria com a FCA;
II - à sinalização e à proteção das passagens em nível;
III - à situação de pontes e da própria via permanente;
IV - aos projetos arquitetônicos dos terminais e estações de passageiros;
V - à verificação e/ou à construção de desvios ativos;
VI - à construção de oficinas e anexos;
VII - à instalação de posto de abastecimento;
VIII - ao setor de lavagem e higienização;
IX - à edificação de centro administrativo;
X - à instalação de centro de controle operacional;
XI - à aquisição de equipamentos, utensílios e demais acessórios;
XII - à aquisição de material rodante.

Parágrafo único. Em decorrência dos veículos somente serem feitos mediante encomenda, e com longo prazo de entrega, poderão ser agilizados os respectivos procedimentos de licitação para este fim.

Art. 4º A implantação do projeto tem por finalidade precípua o atendimento ao interesse coletivo, beneficiando, principalmente, contingente populacional de média e baixa renda, oferecendo condições de conforto, segurança, rapidez e pontualidade, além de propiciar uma profunda reformulação do sistema urbano, em especial na questão da requalificação do transporte intermunicipal.

Art. 5º O Município contará, em todas as etapas, com o apoio logístico e a transferência de tecnologia da CENTRAL, e bem assim com um Grupo de Trabalho constituído por servidores municipais e representantes das instituições envolvidas.

Art. 6º O projeto METROMACAÉ será gerido pela Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana, em parceria com a MACTRAN.

Art. 7º As despesas decorrentes da aplicação desta Lei correrão à conta de dotação orçamentária.

Art. 8º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

GABIENETE DO PREFEITO, em 27 de novembro de 2009.

RIVERTON MUSSI RAMOS

ANEXO B

PROCESSO METODOLÓGICO – VEÍCULOS AUTOMOTORES
NBR 6601 – VEÍCULOS RODOVIÁRIOS AUTOMOTORES LEVES - DETERMINAÇÃO DE HIDROCARBONETOS, MONÓXIDO DE CARBONO, ÓXIDOS DE NITROGÊNIO E DIÓXIDO DE CARBONO NO GÁS DE ESCAPAMENTO

EXECUÇÃO DO ENSAIO

Este ensaio é realizado para determinar a emissão em massa de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio, enquanto o veículo simula uma viagem média, em área urbana.

O ensaio completo em dinamômetro de chassi consiste em dois ciclos, sendo um com partida a frio e o outro com partida a quente, com intervalo de 10 ± 1min entre eles. O resultado é a média ponderada entre os ciclos de partida a frio e a quente, que representa, assim, uma viagem padrão de aproximadamente 12,1km.

O ensaio de partida a frio é dividido em dois períodos. O primeiro período, representando a fase "transitória" da partida a frio, termina ao final da desaceleração que é programada para ocorrer aos 505s do ciclo de ensaio. O segundo período, representando a fase "estabilizada", consiste na conclusão do ciclo de ensaio, inclusive o desligamento do motor. Da mesma maneira, o ensaio de partida a quente consiste em dois períodos. O primeiro período, representando a fase "transitória", termina também com o final da desaceleração aos 505s, enquanto que o segundo período do ensaio de partida a quente, representando a fase "estabilizada", é idêntico ao segundo período do ensaio de partida a frio. Por causa disto, o ensaio de partida a quente termina no final do primeiro período (505s).

O gás coletado do veículo é diluído em ar, de modo a se obter uma vazão total constante. Uma alíquota desta mistura é coletada também em vazão constante e armazenada para a análise. As massas das emissões são determinadas através das concentrações finais da amostra e do volume total da mistura obtido durante toda a fase de ensaio. A seqüência de operações para a execução dos ensaios é apresentada na figura 8.
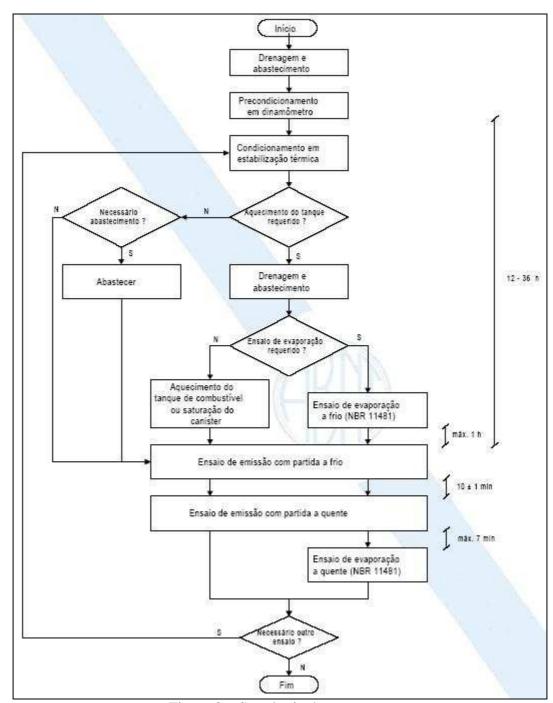
Figura 8 – Sequência de operações

Combustíveis

Os combustíveis para o ensaio devem ser aqueles especificados na NBR 8689, ou conforme definido pelo solicitante dos ensaios.

Requisitos Gerais

Durante o pré-condicionamento e o ensaio, o veículo deve estar em posição aproximadamente horizontal para evitar uma distribuição anormal de combustível e em um ambiente de temperatura controlada entre 20 ºC e 30 ºC.

Preparação do Veículo

Se necessário, instalar conexões e adaptadores adicionais para drenar o reservatório do combustível pelo seu ponto mais baixo, quando montado no veículo. Nos veículos a serem submetidos ao aquecimento do reservatório do combustível, instalar sensor de temperatura, posicionado de modo a medir a temperatura a cerca da metade do volume do combustível para ensaio.

Pré-Condicionamento do Veículo

O veículo deve ser levado à área de ensaios e devem ser executadas as operações de 5.4.1 a 5.4.8.

5.4.1. O reservatório do combustível do veículo deve ser drenado totalmente, assegurando-se da completa limpeza do reservatório, e reabastecido com o combustível para ensaio especificado na NBR 8689, em quantidade suficiente. Se esta operação for realizada dentro da área de ensaios, especial cuidado deve ser tomado para evitar a contaminação do ar ambiente (ar de diluição).
NOTA - Pode ser utilizado um reservatório com o combustível para ensaio, equipado ou não com medidor de vazão, que deve ser colocado externamente ao veículo e conectado ao sistema de alimentação de combustível, desde que não haja alteração das condições de alimentação de combustível ao motor.

5.4.2. Os pneus das rodas propulsoras devem ser inflados com uma pressão de 310 ± 20 kPa para ensaios em dinamômetros de rolos duplos. Para dinamômetros de rolo único, esta pressão deve ser a recomendada pelo fabricante do veículo ± 20 kPa.

5.4.3. O veículo deve ser posicionado com as rodas propulsoras sobre o dinamômetro de chassi, sendo conduzido ou rebocado até ele, e operar seguindo uma vez o ciclo de condução composto pela fase “transitória” da partida a frio e a fase “estabilizada” até o desligamento do motor, totalizando um percurso de aproximadamente 12,1km (ver 5.4.6), com dinamômetro regulado conforme 5.5.1.1 e 5.5.1.2.
NOTA - Quando da necessidade da realização de vários ensaios de medição das emissões, o ensaio realizado pode ser adotado como pré-condicionamento para o próximo, conforme a figura 8, desde que o veículo fique parado em um ambiente com temperatura entre 20 ºC e 30 ºC por um período não inferior a 12h e não superior a 36h após o ensaio realizado.

5.4.4. O veículo deve ser retirado do dinamômetro de chassi e estacionado. O veículo deve ficar parado em um ambiente com temperatura entre 20 ºC e 30 ºC por um período não inferior a 12h e não superior a 36h, antes da medição da emissão do gás de escapamento com partida a frio.

5.4.5. Um veículo de ensaio não pode ser usado para regular a potência resistiva no rolo do dinamômetro de chassi.

5.4.6. Para as circunstâncias não usuais, onde é desejada uma preparação adicional, esta preparação deve consistir em uma estabilização das condições térmicas iniciais no máximo de 1h e, além disso, uma, duas ou três execuções do ciclo de condução como em 5.4.3, cada uma seguida por uma estabilização das condições térmicas de no mínimo 1h, com o motor desligado. A tampa do compartimento do motor deve estar fechada e o ventilador de resfriamento deve ser desligado. O veículo pode ser retirado do dinamômetro de chassi após cada ciclo de condução para o período de estabilização das condições térmicas.

5.4.7. Para ensaios onde seja requerido o aquecimento do reservatório de combustível do veículo, este pode iniciar-se a partir da 10ª hora, e no máximo até a 35ª hora, do pré-condicionamento. É permitido um intervalo máximo de 1h entre o fim do aquecimento do reservatório do combustível e o início do ensaio de emissão do gás de escapamento, observadas as condições de 5.4.4.

5.4.8. Para ensaios que não requeiram o aquecimento do reservatório de combustível, o veículo pode ser abastecido com a quantidade suficiente de combustível para realização do ensaio. Quando requerido o ensaio de emissões evaporativas, este deve ser realizado conforme a NBR 11481. Quando requerido apenas o aquecimento do reservatório de combustível, sem a realização do teste de emissões evaporativas, este aquecimento deve ser realizado conforme descrito em 5.4.8.1 a 5.4.8.9 ou método de saturação do canister que apresente resultado equivalente.

5.4.8.1. O mais próximo possível do início do aquecimento do reservatório do combustível, deve-se esvaziá-lo e abastecê-lo com volume de combustível para ensaio, correspondente a 40 da capacidade nominal do reservatório, que pode ser arredondado para unidades inteiras de litro, e cuja temperatura deve estar abaixo de 12 ºC. Manter o bocal de abastecimento aberto.

5.4.8.2. Posicionar corretamente o aquecedor do combustível sob o reservatório do combustível e conectá-lo ao dispositivo de controle de temperatura, mantendo o motor desligado.

5.4.8.3. Conectar o sensor do medidor de temperatura localizado no reservatório do combustível ao sistema de registro de temperatura e acioná-lo.

5.4.8.4. Quando a temperatura do combustível atingir, natural ou artificialmente, 14 ºC, tampar o bocal de abastecimento do veículo.

5.4.8.5. Quando a temperatura do combustível atingir 16 ± 1 ºC, registrar a temperatura do combustível; este é o instante inicial do aquecimento do reservatório do combustível.

5.4.8.6. Iniciar e registrar o processo de aquecimento do reservatório do combustível durante 60 ± 2min.

5.4.8.7. O combustível de ensaio deve ser aquecido de modo que o incremento da temperatura se adapte à seguinte equação, entre ± 2 ºC:

$$C = T_O + [(2 / 9) \times t]$$

onde:
C é a temperatura do combustível, em graus celsius;
t é o tempo de ensaio, em minutos;
*T*o é a temperatura inicial, em graus celsius.

5.4.8.7.1. Decorridos os 60 ± 2min de aquecimento, a temperatura do combustível deve ter sofrido um aumento de 13 ± 0,5 ºC.

5.4.8.8. Desligar o aquecedor de combustível.

5.4.8.9. Desconectar o sensor do medidor da temperatura localizado no reservatório do combustível, mantendo o motor desligado. O veículo está pronto para, no intervalo de no máximo 1h, iniciar o ensaio de emissão de escapamento.

Funcionamento do veículo e amostragem do gás de escapamento

5.5.1. Devem ser adotadas as operações de 5.5.1.1 a 5.5.1.2.1.

5.5.1.1. Fixar no dinamômetro a inércia equivalente correspondente à massa do veículo para ensaio, conforme a tabela 3. Caso não possa ser obtida a inércia equivalente especificada, adotar o valor imediatamente superior, desde que este não exceda em 57kg (125lb) o valor especificado.

5.5.1.2. Regular a potência resistiva no rolo do dinamômetro de chassi conforme segue:

a) dinamômetro de chassi hidráulico: regular a unidade de absorção de potência de forma a se obter a potência resistiva a 80,5 km/h (PRR80), conforme a NBR 10312. A potência resistiva no rolo do dinamômetro, composta pela potência indicada (exercida pela unidade de absorção de potência) e pela potência de atrito, é obtida pela seguinte equação:

$$PRR_{80} = PI_{80} + P_F$$

b) dinamômetro de chassi elétrico: o dinamômetro de chassi elétrico deve produzir uma força resistiva do tipo *ao + a1 v + a2v2*, de tal modo que essa força, somada aos atritos dos pneus do veículo, seja igual a *fo + f1v + f2v2*, obtida conforme a NBR 10312. Dinamômetros de chassi elétricos podem ser regulados, através dos coeficientes *fo* , *f*1 e *f2* obtidos segundo a NBR 10312, com o veículo desacelerado sobre um dinamômetro de chassi hidráulico, previamente regulado conforme aquele critério.

Tabela 3 - Inércia equivalente em função da massa do veículo para ensaio

Massa do veículo para ensaio		Inércia equivalente	
kg	lb	kg	lb
Até 482	Até 1062	454	1 000
483 a 538	1 063 a 1 187	510	1 125
539 a 595	1 188 a 1 312	567	1 250
596 a 652	1 313 a 1 437	624	1 375
653 a 709	1 438 a 1 562	680	1 500
710 a 765	1 563 a 1 687	737	1 625
766 a 822	1 688 a 1 812	794	1 750
823 a 879	1 813 a 1 937	850	1 875
880 a 935	1 938 a 2 062	907	2 000
936 a 992	2 063 a 2 187	964	2 125
993 a 1 049	2 188 a 2 312	1 021	2 250
1 050 a 1 105	2 313 a 2 437	1 077	2 375
1 106 a 1 162	2 438 a 2 562	1 134	2 500
1 163 a 1 219	2 563 a 2 687	1 191	2 625
1 220 a 1 276	2 688 a 2 812	1 247	2 750
1 277 a 1 332	2813 a 2 937	1 304	2 875
1 333 a1 389	2 938 a 3 062	1 361	3 000
1 390 a 1 446	3 063 a 3 187	1 417	3 125
1 447 a 1 502	3 188 a 3 3 12	1 474	3 250
1 503 a 1 559	3 313 a 3 437	1 531	3 375
1 560 a 1 616	3 438 a 3 562	1 588	3 500
1 617 a 1 672	3 563 a 3 687	1 644	3 625
1 673 a 1 729	3 688 a 3 812	1 701	3 750
1 730 a 1 786	3 813 a 3 937	1 758	3 875
1 787 a 1 871	3 938 a 4 125	1 814	4 000
1 872 a 1 984	4 126 a 4 375	1 928	4 250
1 985 a 2 098	4 376 a 4 625	2 041	4 500
2 099 a 2 211	4 626 a 4 875	2 155	4 750
2 212 a 2 325	4 876 a 5 125	2 268	5 000
2 326 a 2 438	5 126 a 5 375	2 381	5 250
2 439 a 2 608	5 376 a 5 750	2 495	5 500
Acima de 2 608	Acima de 5 750	2 495	5 500

5.5.1.3. As rodas propulsoras do veículo devem ser colocadas sobre o dinamômetro de chassi, com o motor desligado. Regular e conectar ao rolo o contador de número de rotações, ou outro dispositivo capaz de medir distâncias percorridas.

5.5.1.4. Conectar o tubo flexível de captação ao(s) tubo(s) de descarga do veículo.

5.5.1.5. Abrir a tampa do compartimento do motor do veículo e posicionar o ventilador de resfriamento.

5.5.1.6. Conectar os balões evacuados de coleta de amostras do ar de diluição e do gás de escapamento diluído aos sistemas de captação de amostras, com as válvulas seletoras de amostragem preparadas para o acionamento.

5.5.1.7. Acionar o AVC, as bombas de amostragem, os registradores de temperatura e o ventilador de resfriamento. O trocador de calor do AVC, se existir, deve ser pré-aquecido até a sua temperatura de operação, antes de o ensaio ser iniciado.

5.5.1.8. Regular a vazão da amostra para o valor desejado (mínimo de 0,28 m^3/h) e colocar o medidor de vazão do gás em zero.
NOTA - As vazões nos venturis críticos são definidas por projeto deles.

5.5.1.9. Simultaneamente, posicionar as válvulas seletoras para dirigir os fluxos de amostras para dentro dos balões de amostragem do gás de escapamento diluído "transitório" e do ar de diluição “transitório”; ligar o medidor de volume nº 1 do AVC, o contador de segundos e o indicador do gráfico do ciclo de condução; virar a chave, dando a partida no motor (com acessórios desligados). Considerar o "instante zero" do ciclo de condução quando o motor funcionar.

5.5.1.10. Engatar a primeira marcha 15s após a partida do motor.

5.5.1.11. Operar o veículo de acordo com o ciclo de condução conforme 5.5.6.

5.5.1.12. No final da desaceleração programada para ocorrer aos 505s, mudar os fluxos de amostragem simultaneamente dos balões de fase transitória para os balões de fase estabilizada. Desligar o medidor de volume de gás nº 1 e iniciar a medição do volume de gás no medidor nº 2. Antes da aceleração programada para ocorrer aos 510s, registrar o número de rotações medido no rolo ou a distância percorrida e zerar o contador ou mudar para um segundo contador. Assim que possível, transferir as amostras do gás do escapamento diluído e do ar de diluição da fase "transitória" para o sistema analítico e analisá-las de acordo com a análise da amostra do gás de escapamento, obtendo uma leitura estabilizada das amostras em todos os analisadores dentro de 20min após o final da fase de captação de amostras do ensaio.

5.5.1.13. Desligar o motor após 2s do final da última desaceleração (a 1.369s).

5.5.1.14. Cinco segundos após o motor ter sido desligado, desligar simultaneamente o medidor de volume de gás nº 2 e deixar as válvulas seletoras de amostras preparadas para o acionamento. Registrar o número de rotações medido no rolo ou a distância percorrida. Assim que possível, transferir as amostras do gás de escapamento diluído e do ar de diluição da fase estabilizada para o sistema analítico e analisá-las de acordo com 5.6, obtendo uma leitura estabilizada das amostras em todos os analisadores dentro de 20min após o final da fase de captação de amostras do ensaio.

5.5.1.15. Imediatamente após o final do período de amostragem, desligar o ventilador de resfriamento e fechar a tampa do compartimento do motor.

5.5.1.16. Desligar o exaustor do AVC, ou desconectar o tubo flexível de captação do tubo de descarga do veículo.

5.5.1.17. Repetir as operações descritas em 5.5.1.4 até 5.5.1.11 para o ensaio de partida a quente, sendo que somente um balão evacuado de amostragem é necessário para o gás de escapamento diluído e outro para o ar de diluição. A operação da chave de partida do motor, que deve ser executada de acordo com o descrito em 5.5.1.9, deve iniciar entre 9min e 11min após o final do período de amostragem do ensaio de partida a frio.

5.5.1.18. No final da desaceleração programada para ocorrer aos 505s, simultaneamente desligar o medidor de volume de gás nº 1 e deixar a válvula seletora de amostra preparada para o acionamento. Registrar o número de rotações medido no rolo ou distância percorrida.

5.5.1.19. Assim que possível, transferir as amostras do gás de escapamento diluído e do ar de diluição da fase transitória da partida a quente para o sistema analítico e analisá-las de acordo com 5.6, obtendo uma leitura estabilizada das amostras em todos os analisadores dentro de 20min após o final da fase de captação das amostras de ensaio.

5.5.1.20. O AVC pode estar desligado, se desejado.

5.5.2. Durante o funcionamento do veículo, o uso correto da transmissão deve obedecer aos requisitos de 5.5.2.1 a 5.5.2.9.

5.5.2.1. Todas as condições de ensaio devem ser atingidas de acordo com a recomendação do fabricante, exceto quando especificado em contrário.

5.5.2.2. Os veículos equipados com roda livre ou sobremarcha (*overdrive*) devem ser ensaiados com estes dispositivos, operados de acordo com as recomendações do requisitante do ensaio.

5.5.2.3. Os regimes de marcha lenta devem ser executados com a 1ª marcha engatada e o pedal da embreagem debreado, exceto no primeiro período de marcha lenta (ver 5.5.3 e 5.5.1.10). Nos casos de caixa de mudanças automática, devem-se executar aqueles regimes na posição *drive* e com as rodas freadas.

5.5.2.4. O veículo deve ser dirigido com o mínimo movimento do pedal do acelerador para manter a velocidade desejada.

5.5.2.5. As acelerações devem ser efetuadas suavemente. Para a caixa de mudanças mecânicas, o operador deve soltar o pedal do acelerador durante cada mudança de marchas e efetuá-la no menor tempo possível. Velocidades menores do que aquelas previstas no ciclo de condução são permitidas, desde que o veículo seja operado na condição de máxima potência disponível nas rodas durante estas ocorrências, através de seleção da marcha adequada.

5.5.2.6. Os períodos de desaceleração devem ser executados com a marcha engatada, usando-se o freio ou o acelerador, de acordo com as necessidades, para se manter a velocidade prescrita. Os veículos com caixa de mudanças mecânica devem estar com o pedal da embreagem não debreado e não se deve trocar de marcha nessas ocasiões. Nos casos em que a velocidade se reduz a zero, a embreagem deve ser debreada quando a velocidade cair abaixo de 24 km/h ou quando o ruído do motor se tornar "áspero", ou, ainda, quando o motor estiver prestes a parar.

5.5.2.7. A escolha de uma marcha mais reduzida é permitida no início ou durante um regime de potência, quando de acordo com as recomendações do requisitante do ensaio.

5.5.2.8. No caso de não haver recomendações do requisitante do ensaio sobre os pontos ideais de trocas de marcha do veículo, deve-se proceder de acordo com o especificado a seguir:

a) bloquear ou colocar fora de operação os dispositivos de roda livre e/ou sobremarcha (*overdrive*), se forem possíveis tais opções;
b) trocar as marchas nas seguintes velocidades, nos veículos com caixa de mudanças mecânica:
- da primeira para a segunda marcha, a 25 km/h;
- da segunda para a terceira marcha, a 40 km/h;
- da terceira para quarta marcha, a 65 km/h;
- da quarta para a quinta marcha, a 72 km/h;
c) acionar o pedal do acelerador suavemente, nos veículos com caixa de mudanças automática, para permitir a mudança automática dentro da seqüência normal das marchas;
d) seguir o procedimento para três ou quatro marchas como se a primeira marcha não existisse, se a relação de transmissão da primeira marcha exceder 5:1.

5.5.2.9. Veículos com propulsão nas quatro rodas devem ser ensaiados operando com propulsão em duas, desligando-se, para isso, um dos eixos veiculares através do controle existente. Na impossibilidade de se executar este procedimento, o fabricante deve modificar o veículo temporariamente, desligando a propulsão em duas rodas.

5.5.3. Para o funcionamento do veículo, a partida do motor deve obedecer aos seguintes requisitos:

a) os veículos equipados com afogador manual devem ser operados de acordo com as instruções de operação do fabricante, constantes no manual do proprietário. Na inexistência destas instruções, deve-se acionar o afogador para a partida e desacioná-lo dentro de 165s;
b) a partida do motor deve ser executada de acordo com as instruções do fabricante, constantes no manual do proprietário. O período inicial de 20s de marcha lenta deve começar quando o motor funcionar;
c) a marcha deve ser engatada 15s após a partida do motor. Pode-se usar o freio para manter as rodas propulsoras paradas, se necessário;
d) o operador pode usar o afogador, o pedal do acelerador, etc., quando for necessário para manter o motor funcionando;
e) se houver instruções de operação do fabricante específicas para partida a quente, estas devem ser utilizadas.

5.5.4. Em caso de falhas, deve-se proceder da maneira descrita em 5.5.4.1 a 5.4.4.

5.5.4.1. Se o motor não funcionar após 10s de acionamento, este deve ser cessado e deve ser determinada a razão da falha. Durante o período desse diagnóstico, o medidor de volume de gás no amostrador de volume deve estar desligado e as válvulas seletoras da amostragem devem estar preparadas para o acionamento. Além disso, durante esse mesmo período, o AVC deve ser desligado ou então o tubo flexível de captação do gás deve ser desconectado do tubo de descarga do veículo. Se falhar a partida por algum erro operacional, o veículo deve ser re-programado para outro ensaio de partida a frio.

5.5.4.2. Se a falha de partida durante a fase fria for causada por mau funcionamento do veículo, ações corretivas em menos de 30min de duração podem ser tomadas e o ensaio continuado. Todo o sistema de amostragem deve ser reativado simultaneamente à partida. No instante em que o motor

funcionar, o ciclo de condução deve ser iniciado. Caso o veículo não possa ser reparado dentro deste período, o ensaio deve ser anulado.

5.5.4.3. Se a falha da partida ocorrer durante alguma parte do ensaio de partida a quente, e se isso for causado por mau funcionamento do veículo, este deve ser acionado dentro de 1min. Ao mesmo tempo que se dá a partida, deve ser reativado o sistema de amostragem. Quando o motor funcionar, deve-se dar início ao acompanhamento do ciclo de ensaio. Se o motor não funcionar dentro de 1min de acionamento, o ensaio deve ser anulado.

5.5.4.4. Se o motor der "partidas falsas", o operador deve repetir o procedimento de partida recomendado (conforme 5.5.3).

5.5.5. No caso de interrupção acidental do funcionamento, deve-se proceder conforme 5.5.5.1 e 5.5.5.2.

5.5.5.1. Se o motor parar durante um período de marcha lenta, deve-se imediatamente dar nova partida e continuar o ensaio. Se não for possível dar nova partida de imediato para seguir as próximas acelerações, o indicador do ciclo de condução deve ser parado. Quando o veículo funcionar, o indicador do ciclo de condução deve ser reativado.

5.5.5.2. Se o motor parar durante alguma operação (diferente de marcha lenta), o indicador do ciclo de condução deve ser desativado, deve-se dar nova partida, acelerar à velocidade requerida naquele ponto no ciclo de condução e continuar o ensaio. Durante a aceleração até esse ponto, as mudanças de marchas devem ser executadas de acordo com 5.5.2.

5.5.6. O ciclo de condução em dinamômetro de chassi, para a simulação das condições de tráfego urbano, se define por um gráfico contínuo de velocidade em função do tempo. Consiste em seqüências não repetidas dos regimes de marcha lenta, acelerações, velocidades de cruzeiro e desacelerações em magnitudes e combinações variadas. Para atender aos requisitos de 5.5.1, a tolerância na velocidade, em qualquer instante no ciclo de condução, é definida por dois limites:

a) o limite superior é 3,2 km/h acima do maior valor especificado, no intervalo compreendido entre ± 1s, em torno do instante considerado;
b) o limite inferior é 3,2 km/h abaixo do menor valor especificado, no intervalo compreendido entre ± 1s, em torno do instante considerado;

5.5.6.1. Variações na velocidade, além dessa tolerância (como pode ocorrer nas trocas de marcha), são aceitáveis, desde que ocorram por menos de 2s em qualquer ocasião. Além disso, velocidades inferiores às prescritas são aceitas, desde que o veículo seja operado com a máxima potência disponível nas rodas nestas ocorrências, através da seleção da marcha adequada.
NOTA - Quando o ciclo de condução estiver sendo executado para pré-condicionamento, as tolerâncias devem ser as mesmas, eventualmente alterando-se para 6,4 km/h os afastamentos dos limites superior e inferior.

5.5.6.2. A figura 9 mostra as faixas toleráveis de velocidade para os casos típicos. A figura 9-(a) mostra o caso genérico de curva crescente ou decrescente em todo intervalo de 2s. A figura 9-(b) mostra o caso onde o intervalo de 2s possui um ponto de máximo ou de mínimo.
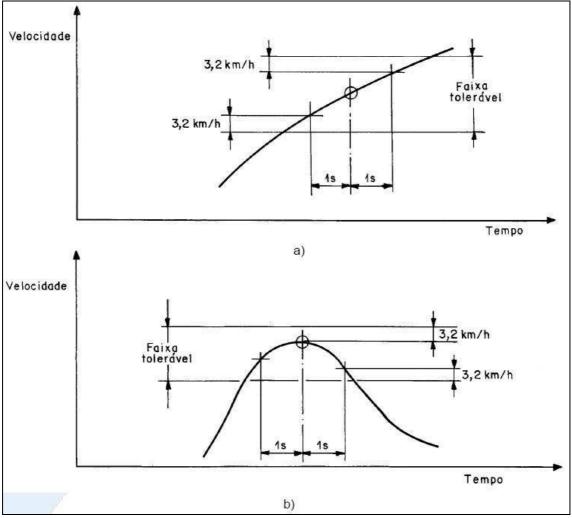
Figura 9 - Faixas de tolerância no ciclo de condução

5.5.7. Durante o funcionamento do veículo, o uso do dinamômetro de chassi deve obedecer aos seguintes requisitos:

a) durante a operação do dinamômetro, o ventilador para resfriamento, deve ser posicionado de forma a dirigir o ar de resfriamento do veículo de maneira apropriada, com o compartimento do motor aberto. No caso de veículo com motor dianteiro, o ventilador deve ser colocado centralizado a 30 ± 3cm do pára-choque do veículo. No caso de veículos com motor traseiro (ou com projetos especiais que impossibilitem a condição acima), o ventilador deve ser posicionado de forma a fornecer ar suficiente para garantir o resfriamento. Se, todavia, durante a operação normal no campo o veículo receber resfriamento adicional e se esse resfriamento for necessário à representatividade do ensaio, a capacidade do ventilador pode ser aumentada ou ventiladores adicionais podem ser utilizados. Neste caso, este procedimento deve constar no relatório;
b) a velocidade do veículo deve ser medida nos rolos do dinamômetro;
c) treinamentos práticos em determinados pontos sobre o ciclo de condução podem ser feitos, se não forem tomadas amostras, com o propósito de encontrar a mínima abertura da borboleta do acelerador, capaz de manter a relação velocidade x tempo, ou de permitir regulagens do sistema amostrador;
NOTA - Quando se utilizarem dinamômetros de chassi de rolos duplos, um gráfico mais real de velocidade x tempo pode ser obtido pela minimização da oscilação do veículo. A oscilação muda o raio dinâmico dos pneus em cada rolo. Essa oscilação pode ser minimizada, mantendo-se o veículo na horizontal (ou próximo dela), pelo uso de cabos e ganchos, evitando-se aumentar a carga de pneus sobre os rolos.

d) se o dinamômetro de chassi não operou nas 2h que precedem o ensaio com medição de emissões, deve ser feito um aquecimento de 15min, à velocidade de 50 km/h, com um veículo não destinado ao ensaio, ou de acordo com instruções do fabricante do dinamômetro;
NOTA - O veículo a ser ensaiado não deve ser utilizado para ajuste no dinamômetro.

Análise da amostra do gás de escapamento

A seqüência de operações a seguir deve ser executada em cada série de medidas:

a) zerar os analisadores e obter leitura estável do zero;
b) introduzir o gás de referência e ajustar os ganhos dos instrumentos. Para evitar correções, calibrar e verificar a referência com a mesma vazão utilizada na análise das amostras do ensaio. Os gases de referência devem ter concentrações entre 75% e 100% da indicação máxima da escala;
c) verificar os zeros, repetindo o procedimento das alíneas (a) e (b), se necessário;
d) verificar as vazões e pressões;
e) medir as concentrações de HC, CO, CO_2 e NO_X das amostras;
f) quando requerido, verificar os pontos zero e a indicação máxima da escala. Se a diferença for maior que 2% da indicação máxima da escala, repetir o procedimento das alíneas (a) a (e).

PROCESSO METODOLÓGICO – MATERIAL RODANTE FERROVIÁRIO
CICLO DE TESTES ESC & ELR: CICLO EUROPEU EM REGIME CONSTANTE E TESTE DE RESPOSTA DE CARGA EUROPEU

EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

No ciclo *ESC*, durante a sequência prescrita nas condições de operação do motor aquecido, a quantidade de gases das emissões de escape devem ser examinadas continuamente com recolhimento de amostras. O ciclo de testes consiste em um determinado número de velocidades e potências, os quais simulam a operação típica, abrangendo os motores a diesel. Durante cada modo, sendo 13 modos ao total, a concentração de cada composto poluente, o fluxo de exaustão e a potência são determinados, e os valores medidos registrados. O motor é testado com um dinamômetro durante uma seqüência de modos em estado estacionário.

O motor deve funcionar durante o tempo prescrito em cada modo, completando a rotação do mesmo, havendo alterações de carga nos primeiros 20 segundos. A velocidade especificada deve ser mantida dentro de ± 50 rpm e o torque especificado deve ser mantido dentro de ± 2% do torque máximo à velocidade de ensaio.

As emissões são medidas em cada modalidade e a média durante o ciclo, utilizando um conjunto de fatores de ponderação. As emissões de material particulado são recolhidas em um filtro durante as 13 modalidades. A medição consiste em um de três procedimentos distintos: o gás de escape deve ser diluído com o ar ambiente ou em fluxo parcial ou em um sistema de diluição de fluxo total. Os particulados devem ser coletados em filtro específico, na proporção dos fatores de peso de cada modo. As gramas de cada poluente emitido são calculadas por quilowatt-hora. Os óxidos de nitrogênio são medidos em três pontos de teste na área de controle, selecionados pela agência de testes, e, os valores medidos, comparados aos valores calculados ao longo dos 13 modos do ciclo de testes. O controle de verificação do NO_X assegura a eficácia do controle de emissões do motor.

O teste *ELR* consiste em uma seqüência de três patamares de carga em cada uma das três velocidades do motor: A (ciclo 1), B (ciclo 2) e C (ciclo 3); seguido pelo ciclo 4, a uma velocidade entre as velocidades A e C e uma carga entre 10% e 100%, selecionados pelo pessoal de certificação. O valor obtido no ciclo 4 é comparado aos valores dos outros ciclos. As velocidades A, B e C são definidas no ciclo *ESC*.

Durante o teste, a fumaça do motor aquecido é determinada pelas médias obtidas por um opacímetro. Os valores de medição de fumaça são obtidos por amostragem continua, com uma frequência de pelo menos 20 Hz. Os vestígios de fumaça são então analisados para determinar os valores finais por cálculo. Primeiramente, os valores de fumaça são calculados sobre intervalos de 1 segundo, usando um algoritmo especial para determinar a média. Na sequência, os valores de carga de fumaça são determinadas como o maior valor médio de 1s em cada um dos três patamares de carga, para cada uma das velocidades de ensaio. Então, os valores médios de fumaça, para cada ciclo, são calculados como médias aritméticas do ciclo de três valores de carga de fumaça. O valor final da fumaça é determinado como uma média ponderada dos valores de média nas velocidades A (fator de ponderação de 0,43), B (0,56) e C (0,01).

CONDIÇÕES DE TESTE DE MOTORES

A temperatura absoluta na entrada de ar do motor (Ta), expressa em Kelvin, e a pressão atmosférica seca (ps), expressa em kPa, devem ser medidas e o parâmetro **fa** deve ser determinado de acordo com os dados fornecidos correspondentes. Nos motores multicilindro, tem-se grupos distintos de entradas múltiplas, como por exemplo a configuração “V” de motores, onde a temperatura média dos grupos distintos devem ser consideradas. Abaixo segue o parâmetro **fa** para diferentes condições:

a) Motores a diesel aspirados e sobrecarregados.

$$fa = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{Ta}{298}\right)^{0,7}$$

b) Motores ultracarregados com ou sem refrigeração na entrada de ar.

$$fa = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{Ta}{298}\right)^{1,5}$$

Validação do Teste

Para o teste ser reconhecido como válido, o parâmetro **fa** deve estar entre 0,96 ≤ **fa** ≤ 1,06.

Motores com Carga de Ar Refrigerado

A carga da temperatura do ar deve ser gravada durante a velocidade da máxima potência e plena carga, em torno de ± 5 K do máximo carregamento especificado pelo fabricante para a temperatura do ar. A temperatura média de refrigeração deve estar, no mínimo, em 293 K (20 °C).

Se o sistema de teste ou soprador externo é utilizado, a carga de temperatura do ar deve estar em torno de ± 5 K do máximo carregamento de temperatura do ar especificado pelo fabricante, na velocidade da máxima potência e plena carga. A fixação da carga do refrigerador para reúne as condições acima, que devem ser utilizadas para o ciclo de teste inteiro.

Sistema de Entrada de Ar do Motor

O sistema de entrada de ar do motor deve ser utilizado apresentando uma restrição de ± 100 Pa do limite superior da operação do motor, na velocidade da máxima potência e plena carga.

Sistema de Exaustão do Motor

O sistema de exaustão deve ser utilizado apresentando uma contrapressão em torno de ± 1000 Pa do limite superior da operação do motor, na velocidade da máxima potência e plena carga, e, um volume em torno de ± 40% do especificado pelo fabricante. O sistema de teste deve ser usado, fornecidas tais condições referentes ao motor. O sistema de exaustão deve estar em conformidade com as exigências para amostragem de gases de escape.

Se o motor for equipado com um dispositivo de tratamento posterior a exaustão, o tubo de escape deve ter o mesmo diâmetro de, no mínimo, quatro vezes o seu, encaixando na entrada da seção de expansão, contendo o dispositivo citado. A distância dos múltiplos flanges de exaustão ou da saída dos ultracarregadores para o dispositivo de tratamento posterior a exaustão, deve ser a mesma da configuração do veículo, ou estar dentro as especificações do fabricante. A contrapressão ou restrição deve seguir os mesmos critérios acima citados, devendo ser controlados por válvulas. O recipiente de tratamento posterior deve ser removido durante os testes e durante o mapeamento do motor, sendo substituído por um recipiente equivalente, tendo suporte de um catalisador inativo.

Sistema de Resfriamento

O sistema de resfriamento do motor, com capacidade suficiente para manter a temperatura de operação normalizada, como prescrito pelo fabricante, deve ser utilizado.

Óleo Lubrificante

As especificações para o óleo lubrificante usado nos testes devem ser registradas e apresentadas com os resultados do teste.

Combustível

O combustível deve ter suas especificações referenciadas. A temperatura e o ponto de medição devem ser especificados pelo fabricante, dentro dos limites citados anteriormente. A temperatura do combustível não deve estar abaixo de 306 K (33 °C). Se não for especificada, esta deve estar em torno de 311 K ± 5 K (38 °C ± 5 °C) na entrada de fornecimento de combustível. Para os motores alimentados com *NG* e *LPG*, a temperatura e o ponto de medição devem estar dentro dos limites citados.

Teste dos Dispositivos de Tratamento Posteriores a Exaustão

Sendo o motor equipado com um dispositivo de tratamento posterior a exaustão, as emissões medidas no ciclo de teste devem representar as emissões de campo. No caso de um motor equipado com o dispositivo de tratamento posterior a exaustão, que requer o consumo de um reagente, o usado para todos os testes deve obedecer aos requisitos das Partes 1 e 2 da ISO 22241/2006.

ESPECIFICAÇÕES DE MOTOR E DINAMÔMETRO

1.1 Determinação das Velocidades A, B e C

As velocidades A, B e C devem ser especificadas pelo fabricante, de acordo com os seguintes critérios:

- A alta velocidade **nhi** é determinada pelo cálculo de 70% da potência máxima P(n). A velocidade mais elevada, onde ocorre esse valor de potência, na curva de potência é definida como **nhi**.

- A baixa velocidade **nlo** é determinada pelo cálculo de 50% da potência máxima P(n). A velocidade mais baixa, onde ocorre esse valor de potência, na curva de potência é definida como **nlo**.

As velocidades são determinadas, então, pelos seguintes cálculos:

- Velocidade A: nlo + 25% (nhi – nlo)
- Velocidade B: nlo + 50% (nhi – nlo)
- Velocidade C: nlo + 75% (nhi – nlo)

As velocidades acima devem ser verificadas por um dos seguintes métodos:

a) Pontos de teste adicionais devem ser medidos durante a aprovação da potência do motor, de acordo com MORTH/CMVR/TAP-115/116, para uma determinação precisa de **nhi** e **nlo**. Na potência máxima, **nhi** e **nlo** devem ser determinados na curva de potência, sendo as velocidades A, B e C calculadas de acordo com tais determinações.

b) O motor deve ser mapeado ao longo da obtenção de toda a curva de carregamento, das velocidades máximas até as mais baixas, utilizando, no mínimo, cinco pontos de medição por intervalos de 1000 rpm, e, com medições entre ± 50 rpm. Na potência máxima, **nhi** e **nlo** devem ser

determinados na curva mapeada, sendo as velocidades A, B e C calculadas de acordo com tais determinações. Se as medidas das velocidades estiverem com margem de erro em torno de ± 3%, estando dentro das especificações do fabricante, estas podem ser usadas nos testes de emissões.

1.2 Determinação das Especificações do Dinamômetro

A curva de torque para a carga máxima deve ser determinada por experimentação, para cálculos dos valores de torque para os modos de teste específicos, em condições finais. A potência absorvida pelos componentes do motor, se aplicável, deve ser considerada. A especificação do dinamômetro, para cada modo de teste, deve ser calculada da seguinte maneira:

- s = P(n) x L / 100, se testado em condições finais.
- s = P(n) x L / 100 + (P(a)-P(b)), caso contrário.

onde:
s = especificação do dinamômetro, kW.
P(n) = potência do motor, kW.
L = porcentagem de carregamento, %.
P(a) = potência absorvida por componentes considerada, kW.
P(b) = potência absorvida por componentes retirada, kW.

2 CICLO *ESC*

A pedido dos fabricantes, um teste preliminar é executado para condicionamento do motor e do sistema de exaustão antes do ciclo de medição.

2.1 Preparação do Filtro de Amostragem

No mínimo uma hora antes do teste, cada filtro deve ser colocado em uma placa de Petri parcialmente coberta, a qual está protegida contra contaminação por pó, e, em seguida, colocado em uma câmara de pesagem para estabilização. Ao final do período de estabilização, cada filtro deve ser pesado e os pesos da tara devem ser registados. Os filtros devem ser então armazenados em uma placa de Petri fechada ou em um suporte de filtro selado até ser utilizado nos testes. O filtro deve ser utilizado no prazo de oito horas após sua remoção da câmara de pesagem.

2.2 Instalação do Equipamento de Medições

As sondas de instrumentação e amostras devem ser instalados conforme necessário. Ao utilizar um sistema de diluição total do fluxo para a diluição dos gases de escape, o tubo de escape deve ser ligado ao sistema.

2.3 Iniciando o Sistema de Diluição e o Motor

O sistema de diluição e o motor devem começar com o aquecimento até que todas as temperaturas e pressões tenham estabilizado à potência máxima, de acordo com a recomendação do fabricante e das boas práticas de engenharia.

2.4 Iniciando o Sistema de Amostragem de Particulados

O sistema de amostragem de partículas deve ser iniciado e executado em by-pass. O nível de estrutura de partículas no ar de diluição pode ser determinado, passando o ar de diluição através dos filtros de partículas. Se o ar de diluição filtrado é usado, uma medição pode ser feita antes ou após o

teste. Se o ar de diluição não for filtrado, as medições e a média dos valores podem ser feitas no início e no final do ciclo.

2.5 Ajustes na Taxa de Diluição

O ar diluído será estabelecido de modo que a temperatura dos gases de escape diluídos é medida imediatamente antes do filtro primário, não superior a 325 K (52 °C) em nenhum modo. A taxa de diluição (q) não deve ser inferior a 4.

Para sistemas que utilizam medidas de concentração de CO_2 e NO_X, para controle da taxa de diluição, o CO_2 e o NO_X contidos no ar de diluição deve ser medido no início e no final de cada teste. No pré e no pós-teste de estrutura do CO_2 ou do NO_X, as medidas de concentração do ar diluído devem ser aproximadamente 100 ppm ou 5 ppm para cada um, respectivamente.

2.6 Verificação dos Analisadores

Os analisadores das emissões devem ser colocados em zero e calibrados.

2.7 Ciclo de Teste

2.7.1 O ciclo de 13 modos deve ser seguido no funcionamento do dinamômetro com o motor a ser ensaiado

Tabela 1 – Ciclo de 13 modos

Mode Number	Engine speed	Percent load	Weighting factor	Mode length
1	Idle	--	0.15	4 minutes
2	A	100	0.08	2 minutes
3	B	50	0.10	2 minutes
4	B	75	0.10	2 minutes
5	A	50	0.05	2 minutes
6	A	75	0.05	2 minutes
7	A	25	0.05	2 minutes
8	B	100	0.09	2 minutes
9	B	25	0.10	2 minutes
10	C	100	0.08	2 minutes
11	C	25	0.05	2 minutes
12	C	75	0.05	2 minutes
13	C	50	0.05	2 minutes

2.7.2 Sequência de Teste

O teste deve ser executado na ordem dos números do modo, tal como estabelecido no item 2.7.1. O motor deve funcionar durante o tempo prescrito em cada modo, completando a rotação do mesmo e contemplando alterações de carga nos primeiros 20 segundos. A velocidade especificada deve ser mantida dentro de ± 50 rpm e o torque especificado deve ser mantido dentro de ± 2% do torque máximo na velocidade de teste.

A pedido do fabricante, a sequência do ensaio pode ser repetida um número suficiente de vezes para recolher uma maior massa de partículas no filtro. O fabricante deve fornecer uma descrição detalhada da avaliação dos dados e procedimentos de cálculo. As emissões gasosas devem ser determinadas apenas no primeiro ciclo.

2.7.3 Resposta do Analisador

A saída dos analisadores deve ser gravada por um registador de agulhas ou medida com um sistema equivalente de aquisição de dados, com o gás de escape passando através dos analisadores durante o ciclo de teste.

2.7.4 Amostrador de Particulados

Um filtro deve ser utilizado para o procedimento de teste completo. Os fatores de ponderação modais especificados no procedimento do ciclo de ensaio devem ser levados em conta, tomando uma amostra proporcional ao fluxo de massa do escape, durante cada modo do ciclo. Isto pode ser alcançado pela taxa de ajuste de fluxo de amostra, o tempo de amostragem e/ou a razão de diluição, de modo que o critério dos fatores de ponderação efetivos é cumprido.

O tempo de amostragem por modo deve ser de pelo menos 4 segundos, com fator de ponderação 0,01. A amostragem deve ser efetuada o mais tarde possível dentro de cada modo. As amostras de partículas devem ser obtidas mais cedo do que 5 segundos antes do final de cada modo.

2.7.5 Condições do Motor

A velocidade e a carga, a temperatura de entrada de ar e a depressão, a temperatura de escape e contrapressão, o fluxo de combustível e ar ou exaustão do fluxo, temperatura do ar de carregamento, temperatura do combustível e umidade, devem ser registradas durante cada modo, com a velocidade e os requisitos de carga a serem cumpridos durante o tempo de amostragem de partículas, mas em qualquer caso, durante o último minuto de cada modo (ver seção 2.7.2).

Todos os dados necessários para os cálculos devem ser registrados.

2.7.6 Verificação de NO_X dentro da Área de Controle (somente para motores a diesel)

A verificação dos NOx dentro da área de controle deve ser realizada imediatamente após a conclusão do 13º modo.

O motor deve ser condicionado no 13º modo durante um período de três minutos antes do início das medições. Três medições devem ser feitas em diferentes locais dentro da área de controle, selecionados pela agência de teste. O tempo para cada medição será de 2 minutos.

O procedimento de medição é idêntico ao da medição dos NOx no ciclo de 13 modos, e será realizado em conformidade com os itens 2.7.3, 2.7.5, além de outros requisitos específicos. Durante os testes, o pessoal de certificação poderá solicitar modos adicionais de testes aleatórios dentro da área de controle do ciclo (figura 1). Os máximos de emissão destas modalidades extras são determinados por interpolação entre os resultados dos modos de ensaio regular.
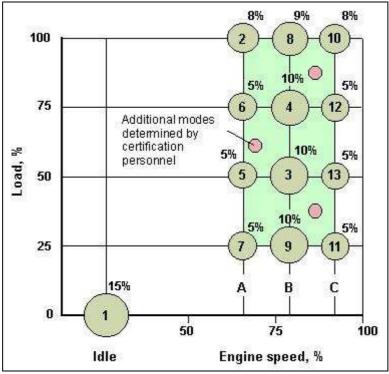
Figura 1 – Ciclo Europeu em Regime Constante (*ESC*)

Obs:. Pontos de ensaio devem ser selecionados utilizando métodos estatísticos aprovados de randomização.

2.7.7 Nova Verificação dos Analisadores

Após o teste de emissão, o mesmo gás de calibração deve ser utilizado para a reverificação. O teste será considerado aceitável se a diferença entre o pré-teste e pós-teste for inferior a 2% do valor do gás de calibração.

3 TESTE ELR

3.1 Instalação do Equipamento de Medições

O opacímetro e os amostradores, sendo o caso, devem ser instalados após o escape silencioso ou qualquer dispositivo de tratamento posterior, montados de acordo com os procedimentos gerais de instalação especificados pelo fabricante do instrumento. Além disso, as exigências da seção 10 da norma ISO IDS 11614 deverão ser observadas, quando apropriado.

Antes de quaisquer verificações a zero e com a escala completa, o opacímetro deve ser aquecido e estabilizado de acordo com as recomendações do fabricante. Se o opacímetro estiver equipado com um sistema de ar de purga, para evitar a deposição de fuligem da óptica métrica, este sistema deve também ser ativado e ajustado de acordo com as recomendações do fabricante.

3.2 Verificação do Opacímetro

As verificações de zero e de escala completa devem ser feitas no modo de leitura da opacidade, uma vez que a escala de opacidade oferece dois pontos de calibração definíveis, ou seja, 0% de opacidade e 100% de opacidade. O coeficiente de absorção de luz é, então, corretamente calculado com base na opacidade medida e no **La**, como apresentado pelo fabricante do opacímetro, quando o instrumento é devolvido ao modo de leitura **k** para o teste.

Sem bloqueio do feixe de luz do opacímetro, a leitura deve ser ajustada para 0,0% ± 1,0% de opacidade. Com a luz impedida de atingir o receptor, a leitura deve ser ajustada para 100,0% ± 1,0% de opacidade.

3.3 Ciclo de Teste

3.3.1 Condicionamento do Motor

O aquecimento do motor e do sistema deve estar em potência máxima, a fim de estabilizar os parâmetros do motor, de acordo com a recomendação do fabricante. A fase de pré-condicionamento deve também proteger a medição real contra a influência de depósitos no sistema de escape, provenientes de um teste anterior.

Quando o motor estiver estabilizado, o ciclo deve ser iniciado dentro de 20 ± 2s após a fase de pré-condicionamento. A pedido do fabricante, um ensaio preliminar pode ser executado para condicionamento adicional antes do ciclo de medição.

3.3.2 Sequência de Teste

O teste consiste de uma seqüência de três patamares de carga em cada uma das três velocidades do motor, A (ciclo 1), B (ciclo 2) e C (ciclo 3), determinado de acordo com o item 1.1, seguido pelo ciclo 4, a uma velocidade dentro da área de controle e uma carga entre 10% e 100%, ambas selecionadas pela agência de teste.

A seqüência mostrada na figura 2 deve ser seguida no funcionamento do dinamômetro com o motor a ser ensaiado.

Obs.: Pontos de ensaio devem ser selecionados utilizando métodos estatísticos aprovados de randomização.
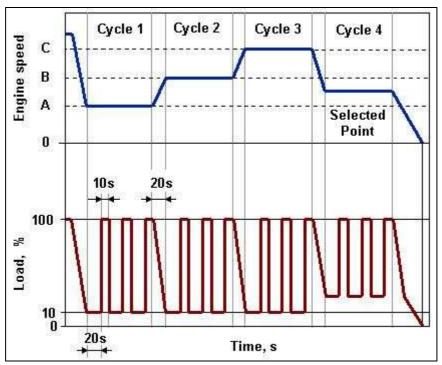
Figura 2 – Sequência do Teste de Resposta de Carga Europeu (*ELR*)

(a) O motor deve ser operado a velocidade A e 10% de carga, durante 20 ± 2s. A velocidade especificada deve ser mantida dentro de ± 20 rpm e o binário especificado deve ser mantido dentro de ± 2% do binário máximo, à velocidade de ensaio.

(b) No final do segmento anterior, a alavanca de controle de velocidade deve ser movida rapidamente para a posição aberta, durante 10 ± 1s. A carga necessária ao dinamômetro deve ser aplicada para manter a velocidade do motor dentro de ± 150 rpm, durante os primeiros 3s e dentro de ± 20 rpm, durante o resto do segmento.
(c) a sequência descrita em (a) e (b) deve ser repetida duas vezes.
(d) Após a conclusão do terceiro patamar de carga, o motor deve ser ajustado para a velocidade B e 10% de carga, dentro de 20 ± 2s.
(e) As seqüências (a) e (c) devem ser executadas com o funcionamento do motor na velocidade B.
(f) Após a conclusão do terceiro patamar de carga, o motor deve ser ajustado para a velocidade C e 10% de carga, dentro de 20 ± 2s.
(g) As seqüências (a) e (c) devem ser executadas com o funcionamento do motor na velocidade C.
(h) Após a conclusão do terceiro patamar de carga, o motor deve ser ajustado para a velocidade selecionada e qualquer carga acima de 10%, dentro de 20 ± 2 s.
(i) As seqüências (a) e (c) devem ser executadas com o motor operando com a velocidade selecionada.

3.4 Validação do Ciclo

Os desvios-padrão relativos dos valores médios de fumaça, em cada velocidade de ensaio, devem ser inferiores a 15% do valor médio, ou 10% do valor limite. Se a diferença for maior, a sequência deve ser repetida até que três patamares de carga sucessivos satisfaçam os critérios de validação.

3.5 Nova Verificação do Opacímetro

O pós-teste de opacímetro deve ter valor do desvio do zero não excedendo ± 5,0% do valor-limite.